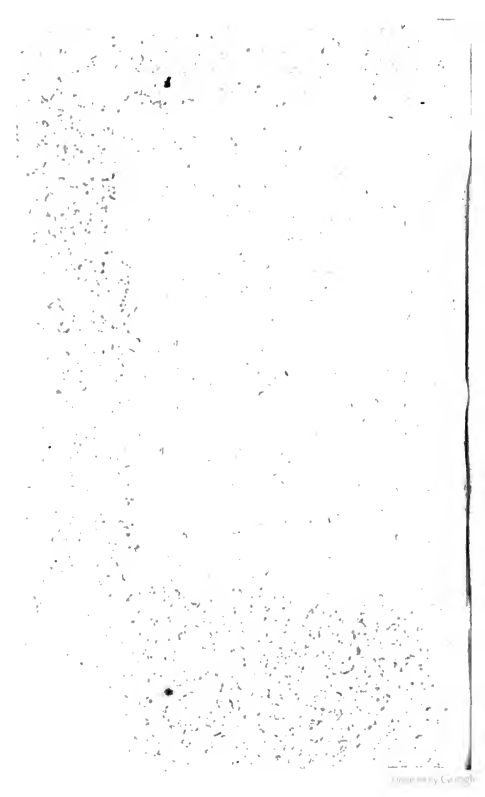












SPW  
PRÉCIS  
DE PHYSIQUE

GENÉRALE ET PARTICULIÈRE,  
A L'USAGE DES DAMES,

*Par M. SIGAUD DE LAFOND.*

TOME SECOND.

---

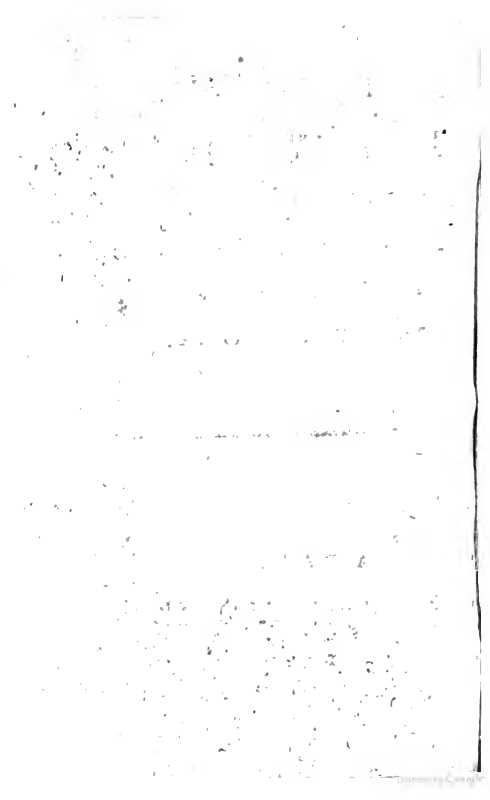
A PARIS,

RUE ET HÔTEL SERPENTE.

---

1797.





# P R É C I S

D E

## PHYSIQUE GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE.

---

### PHYSIQUE GÉNÉRALE.

#### CHAPITRE HUITIÈME.

*Des causes qui changent la direction  
du Mouvement.*

PARMI les causes qui altèrent & changent la direction d'un corps en mouvement , il en est deux qui méritent une attention particulière de la part du Physicien : ce sont la pesanteur & la différence des milieux

à travers lesquels il se meut. Déjà nous connoissons la première, dont nous avons amplement parlé dans le quatrième Chapitre de cet Ouvrage, où nous avons traité de sa nature, de ses loix, de son universalité & de ses variations; mais nous ne l'avons considérée que solitairement, abstraction faite de toute combinaison quelconque avec toute autre espèce de force.

Il nous reste donc à la considérer ici sous ce dernier rapport, à faire connoître les effets qu'elle produit lorsqu'elle est combinée avec une autre force, à faire voir comme elle altère, elle change, elle modifie toute direction différente de la sienne.

Et d'abord il est de fait, & l'expérience journalière ne laisse aucun doute à cet égard, que tout corps mis en mouvement par l'action d'une force quelconque qui tend à le mouvoir dans une direction parallèle ou oblique à l'horizon, il est de fait, dis-je, que ce corps ne suit jamais la direction que cette force, qu'on appelle *force projectile*, lui imprime, & cela, parce qu'au moment où il cède à son impulsion, il est en même-temps soumis à l'action de la pesanteur, qui le porte vers le centre de la terre.

Or, pour se prêter à l'action de ces deux puissances qui le maîtrisent, il est obligé de prendre une direction moyenne entre celles qu'elles tendent

#### 4 P H Y S I Q U E

à lui faire suivre l'une & l'autre ;  
comme nous l'avons démontré, en  
parlant du *mouvement composé*.

Mais si nous considérons que la  
force projectile est une force const-  
tante & uniforme qui le sollicite à  
parcourir des espaces égaux en temps  
égaux , tandis que la pesanteur est  
une force accélératrice, qui acquiert  
à chaque instant de nouveaux degrés  
d'accroissement, accélère la vitesse  
du mobile , & lui fait parcourir des  
espaces qui vont en croissant, comme  
la suite directe des nombres impairs,  
1, 3, 5, 7, &c. , nous compren-  
drons facilement qu'obligé de se prêter  
aux rapports de ces deux forces dans  
leurs principes, & à ceux qu'elles  
acquièrent progressivement, il doit

s'écarter, & s'écarte de plus en plus de la direction de la force projectile : son mouvement doit donc se fléchir continuellement vers le centre de la terre, & conséquemment il doit parcourir, & il parcourt effectivement une ligne courbe. La question se réduit à savoir quelle espèce de courbe il doit parcourir dans la supposition présente.

D'après les données que nous venons d'exposer, & qui entrent dans la composition de son mouvement, abstraction faite de la résistance du milieu, qui influe plus ou moins sur la régularité de la courbe qu'il décrit, il est démontré que cette courbe est précisément celle que les Mathématiciens appellent

une *parabole* & elle en a toutes les propriétés.

Si on consulte l'expérience ; elle est d'accord avec la théorie , autant que les machines qu'on peut employer ici approchent de la précision mathématique à laquelle elles ne peuvent absolument atteindre.

Parmi ces machines , voici celle qui me paroît la plus exacte , & dont le résultat est on ne peut plus satisfaisant.

Imaginez un vaisseau cylindrique , percé vers le bas sur un des points de sa circonférence , & tenu constamment plein d'eau , ou de tout autre liquide. Son ouverture étant débouchée , on voit la liqueur jaillir à une distance proportionnée à



la pression qu'elle éprouve de la part des couches supérieures à l'ouverture, & le jet prend la forme d'une parabole.

C'est par une courbe de cette espèce qu'un boulet de canon, sorti de sa pièce, parvient à sa destination; c'est par la même courbe qu'une bombe, lancée du fond d'un mortier, va porter la désolation dans une ville assiégée. Tout l'art de la balistique est fondé sur les propriétés de cette courbe; mais loin de nous, qui parlons à des Dames, & ces propriétés & leurs applications. La nature ne les a point faites pour prendre des leçons sur un art qui n'opère que la destruction du genre humain. Je passe donc à

une autre considération , à la seconde des causes que j'ai indiquées , comme portant atteinte à la direction d'un mobile.

Cette cause , & je l'ai dit précédemment , se trouve dans la diversité des milieux qu'il traverse , & l'effet qu'elle produit s'appelle *réfraction*. Cette réfraction est une déviation qu'il éprouve au moment où il passe d'un milieu dans un autre , de l'air dans l'eau , par exemple , ou de l'eau dans l'air.

Deux conditions cependant sont nécessaires à cet effet ; l'une , que les milieux soient de densités différentes , ou plutôt que l'un d'eux résiste plus que l'autre au mouvement du mobile ; la seconde , que ce

mobile se meuve obliquement, ou que son passage d'un milieu dans l'autre se fasse selon une ligne oblique. Sans cette dernière condition, quelque différence qu'on suppose dans la densité des milieux, ou dans la résistance qu'ils opposent au mobile, il n'éprouvera aucune déviation à son passage : il ne souffrira aucune réfraction.

Un corps, par exemple, qui tombe perpendiculairement de l'air dans une eau stagnante, continue sa route par la même perpendiculaire, & on est sûr de le trouver au fond de l'eau si on le cherche à l'extrémité de la ligne qu'on lui a vu suivre dans l'air.

Il n'en seroit pas de même s'il

▲ ▼

tomboit obliquement de l'air dans l'eau : on l'y chercheroit inutilement si on ne s'écartoit de la direction qu'il avoit dans l'air.

Au moment donc, où ce corps passe obliquement de l'un de ces milieux dans l'autre, il éprouve une deviation dans son mouvement, une réfraction qui le rapproche ou l'éloigne de la perpendiculaire à la surface du nouveau milieu dans lequel il entre, selon que ce milieu lui résiste plus ou moins que celui qu'il quitte. En passant obliquement de l'air dans l'eau, il s'en éloigne ; le contraire arrive, il s'en approche, s'il passe de l'eau dans l'air.

Bien que générale en ce qu'elle convient à tous les corps que nous

pouvons lancer obliquement d'un milieu dans un autre , cette règle souffre néanmoins une exception , ou , pour parler plus exactement , elle doit se prendre inversement , ou en sens contraire , lorsqu'il s'agit de la réfraction qu'éprouvent les rayons de la lumière en passant obliquement de l'air dans l'eau , ou de l'eau dans l'air.

Dans le premier cas , loin de s'éloigner , ils s'approchent de la perpendiculaire ; dans le second , ils s'en éloignent. Je n'en veux d'autre preuve qu'une expérience très-simple , & que tout le monde peut facilement répéter.

Je mets un corps plus pesant q  
l'eau , je suppose un écu de

livres , sur le fond d'un bassin de métal , ou d'une cuvette de faïence. Je fixe les yeux sur ce corps , & je m'en éloigne ensuite pas à pas , en marchant droit & en arrière , jusqu'à ce que je sois arrivé à un point où je le perds de vue. Je cesse alors de le voir , parce que le rayon visuel par lequel je le voyois , étant un rayon oblique , je suis parvenu à une distance où ce rayon aboutit au-dessus de mon œil.

J'en trouve la preuve en ce qu'il me suffit de m'élever un peu sur la pointe des pieds pour le revoir. Je reprends ma position naturelle , & je ne le vois plus. Si , sans rien changer à la disposition des choses , ni à ma propre situation , quelqu'un

verse de l'eau dans le bassin, & l'en remplit en partie, aussitôt je revois ce corps, comme si je m'en étois rapproché, ou que je me fusse soulevé une seconde fois.

D'où peut donc venir ce changement? le voici: il vient de ce que le rayon visuel qui aboutissoit au-dessus de mon œil, lorsqu'il n'avoit que le même milieu, une masse d'air à traverser, se fléchit en sortant obliquement de l'eau pour passer dans l'air, & s'éloigne de la perpendiculaire à la surface de l'eau. Il s'abaisse donc à mon égard; en s'abaissant, il parvient à mon œil, & je vois le corps que j'avois cessé de voir.

La même explication peut aisément

s'appliquer à ce qu'on observe lorsqu'on plonge obliquement un bâton dans une masse d'eau : il paroît rompu, & c'est encore l'effet de la réfraction qu'éprouve le rayon de lumière; elle nous fait voir ce bâton dans un état bien différent de celui dans lequel il est réellement.

Quelquefois le mouvement réfracté se change en mouvement réfléchi. C'est ce qui arrive lorsqu'on lance avec force un corps, mais trop obliquement à la surface de l'eau; au lieu de la pénétrer & de s'y plonger, il se relève après l'avoir frappée, & forme avec elle un angle presque égal à celui par lequel il s'en est approché.

Une écaille d'huître, par exemple,



ou une pierre un peu tranchante par ses bords , plus épaisse vers son milieu , lancée fort obliquement à la surface d'une rivière , nous fait observer ce phénomène que nous dédaignons parce que c'est un jeu d'enfant ; cependant ce jeu démontre une vérité physique importante à connoître , & à laquelle on ne peut faire trop d'attention.

Ces réflexions qu'on appelle des *ricochets* , nous montrent combien il seroit imprudent & dangereux de se tenir , sur le bord d'une rivière , en ligne directe à un chasseur placé sur la rive opposée , & qui tireroit fort obliquement à la surface de l'eau. Au lieu de la pénétrer , la balle

pourroit se réfléchir & atteindre le spectateur.

En parlant précédemment de la force d'un corps en mouvement, nous avons prouvé que cette force est égale au produit de sa masse par sa vitesse, & cette vérité est une vérité constante dont on ne doit jamais s'écarter, même dans des circonstances auxquelles nous ne croyons pas devoir nous arrêter, & où les effets de cette force paroissent, au premier aspect, supérieurs au produit de la masse par la simple vitesse.

Si donc la vitesse est la véritable cause qui donne de l'action au mobile, si c'est en elle que réside le principe de la force qui l'anime, il

n'en est pas moins vrai pour cela que sans être en mouvement, sans qu'ils soient doués du plus petit degré de vitesse, il réside en certains corps une force réelle qui dépend, non de leur vitesse actuelle, puisqu'il n'en ont pas, mais de celle qu'ils auroient s'ils venoient à se mouvoir, ou si la machine à laquelle ils sont appliqués étoit en mouvement.

Pour la bien saisir cette nouvelle espèce de force, il suffit de connoître la construction, la disposition de certaines machines dont on fait assez communément usage, & de bien concevoir de quelle manière les corps agissent par leur ministère. Ces connoissances sont

## 18 P H Y S I Q U E

L'objet de la mécanique des solides, que nous développerons le plus succinctement possible dans le Chapitre suivant.



## CHAPITRE NEUVIÈME.

*De la mécanique des solides ou des forces mouvantes.*

On donne le nom de *forces mouvantes* à cette multitude de machines dont l'homme s'aide dans ses travaux. C'est par leur moyen qu'il parvient à faire des efforts qui paroissent surpasser la puissance humaine, qu'il surmonte des obstacles qu'il ne pourroit surmonter sans le secours qu'elles lui prêtent.

La plupart de ces machines sont plus ou moins composées ; mais quelque composées qu'elles soient , elles résultent de la combinaison de

quelques machines simples, dont la connoissance suffit pour découvrir tous les avantages qu'on peut attendre des autres. Nous nous arrêterons donc spécialement à la considération des machines simples.

On distingue ordinairement ces sortes de machines en sept espèces différentes. Nous les réduirons à deux seulement , au *levier* & au *plan incliné*, parce que les cinq autres peuvent facilement se rappeler à ces deux ci , comme nous le ferons observer dans l'exposition que nous en ferons. Nous diviserons donc ce Chapitre en deux Sections ; l'une qui traitera du levier & des machines qui s'y rapportent ; l'autre , du plan incliné & de celles qui y

ont rapport. Nous donnerons ensuite une idée suffisante des machines composées, dans un Appendice que nous ajouterons à ces deux Sections.

Avant d'entrer en matière, nous croyons qu'il est important de faire connoître plusieurs choses qu'on doit distinguer soigneusement dans toute espèce de machine quelconque. Bien que plus nombreuses, nous ne nous arrêterons qu'aux quatre principales, qui sont :

1<sup>o</sup>. *La résistance*, je veux dire l'obstacle qu'on se propose de vaincre ou d'équilibrer par le moyen d'une machine. 2<sup>o</sup>. *La puissance*, ou la force qu'on emploie à cet effet, soit que cette force soit animée, ou

qu'elle ne dépende que de la masse d'un poids. 3°. *Le point d'appui*, celui autour duquel la puissance & la résistance se meuvent, ou font effort pour se mouvoir. 4°. Enfin, *le centre de gravité*, qui est un point autour duquel toutes les parties d'un corps ou d'un système de corps sont en équilibre.

Ce point seroit le centre d'une sphère, si elle étoit parfaitement homogène dans toutes ses parties, c'est-à-dire, si toutes les parties étoient de même densité. C'est en ce point où se réunit tout l'effort de la pesanteur, qui maîtrise un corps & le sollicite vers le centre des graves. C'est donc le seul point



qu'il soit nécessaire de soutenir pour s'opposer à sa chute.

Un corps , en effet , n'est stable qu'autant que son centre de gravité est soutenu , & il l'est , chaque fois que sa ligne de direction , ou la perpendiculaire tirée de ce centre à celui de la terre , passe par sa base.

Considérons , par exemple , le centre de gravité du corps de l'homme : on fait qu'il est situé dans cette cavité qu'on appelle *le bas-ventre*. Sa ligne de direction passe donc par ses pieds lorsqu'il est debout , & conséquemment par la base de son corps , & il est stable lorsqu'il se tient droit & immobile.

Mais s'il vient à s'incliner , supé

posons en avant, alors sa ligne de direction change de place, elle se porte au-delà de la pointe de ses pieds, elle ne passe plus par la base de son corps, & il tomberoit sur le champ s'il n'avoit soin de ramener cette ligne dans la position où elle doit être, en portant la croupe en arrière. C'est ce qui nous arrive naturellement & sans que nous y fassions la moindre attention, lorsque nous nous baissions pour ramasser quelque chose devant nous.

C'est par la même raison, par exemple, qu'une personne chargée d'un pesant fardeau sur le dos, se courbe en avant. Sans cette sage précaution, sa ligne de direction tomberoit au-delà de ses talons, parce

parce que le fardeau , dont elle est chargée , s'unissant à la masse de son corps , le centre de gravité de ce système de corps n'est plus à la même place où il étoit auparavant ; mais plus en arrière & en dehors de la capacité du bas-ventre ou du bassin.

Par la raison contraire , une femme grosse & avancée dans sa grossesse , est obligée de se redresser & de marcher avec une dignité qu'elle n'a point en tout autre temps : ne lui reprochons point un air altier dans cette attitude ; elle obéit , & souvent malgré elle , à une loi impérieuse de la nature , à laquelle elle ne pourroit se soustraire , sans s'exposer à une chute dangereuse. Cette

même loi régit aussi puissamment toute personne qui porte un fardeau entre ses bras.

Toujours le centre de gravité d'un corps veut être soutenu. Sans cela, il obéiroit à l'action de la pesanteur qui le dirige continuellement vers le centre de la terre, & le corps tomberoit nécessairement. C'est une loi constante de la nature, & c'est à la connoissance de cette loi qu'on doit l'invention de quantité de machines plus ingénieuses les unes que les autres, & dont les effets ont quelque chose de surprenant au premier aspect.

On enchasse un morceau de plomb dans la base d'une petite quille d'ivoire, ou de toute autre matière,

beaucoup plus légère que le plomb ,  
& voilà une quille qui ne peut  
demeurer renversée. On la renverse ,  
& sur le champ elle se relève d'elle-  
même.

Le vulgaire ne voit ici qu'un  
jouet qui l'amuse ; le Physicien y  
voit un centre de gravité artiste-  
ment placé , & qui ne se trouve  
soutenu qu'autant que la quille est  
posée sur sa base ; mais c'en est  
assez sur cet objet ; passons à la con-  
sidération des machines simples.

## P R E M I È R E   S E C T I O N .

### *Du Levier.*

Imaginez une ligne inflexible &  
sans pesanteur ; appuyée sur un des

points de sa longueur , & vous aurez l'idée la plus parfaite que vous puissiez vous former du levier. Elle est tellement parfaite cette idée , qu'on ne trouve point , dans la pratique , de levier qui y réponde absolument

Tout levier en effet est un corps flexible & pesant , & c'est à raison de cette flexibilité & de ce poids , que ses effets ne s'accordent point toujours rigoureusement avec la théorie mathématique.

Abstraction faite de ces défauts qu'on ne peut éviter dans la pratique , l'idée que nous venons de donner de cette machine seroit incomplète , si nous ne considérions en même temps la situation du point

d'appui, relativement à la puissance & à la résistance qui agissent l'une contre l'autre par le moyen d'un levier : or, comme cette situation peut varier de trois manières différentes, on distingue trois genres particuliers de leviers.

1<sup>o</sup>. *Le levier du premier genre*, dans lequel le point d'appui est situé entre la puissance & la résistance, quelquefois à la même distance de l'une & de l'autre, comme on le remarque dans la balance ordinaire, qui est un levier du premier genre; quelquefois plus proche de la résistance que de la puissance, comme on le voit dans cette espèce de balance qu'on appelle *romaine* &

qui est également un levier du premier genre.

2°. *Le levier du second genre*, dans lequel la résistance est placée entre le point d'appui & la puissance. Le couteau, par exemple, avec lequel on coupe le pain chez certains boulangers, ou de fortes racines chez les droguistes, est un levier de ce genre. Sa lame est terminée par un anneau, ou un crochet qui roule sur un clou, & ce clou est son point d'appui. Le corps qu'on coupe est la résistance, & la main, qui s'appuie sur le manche, la puissance.

3°. *Le levier du troisième genre*, dans lequel la puissance est située entre le point d'appui & la résistance,



Sans fortir hors de nous-mêmes , nous trouvons une multitude d'exemples de ce genre de levier ; presque tous nos muscles sont disposés & agissent comme des leviers du troisième genre , mais qui de nos Lecteurs voudroit , le scalpel à la main , chercher ces leviers dans la dissection du corps de l'homme ou des animaux ?

Bien que très-curieux & très-intéressant , ce travail mettroit leur sensibilité à une trop rude épreuve : il faut donc fortir hors de nous-mêmes pour trouver des exemples de ce genre de levier , & alors ils sont très-rares. Cependant , il en est un que nous avons continuellement sous la main ; c'est cette espèce

de pincettes qu'on appelle *badines*. Leur point d'appui est dans le ressort qui tient les deux branches écartées; le tison qu'on embrasse & qu'on ferre avec cet instrument est la résistance, & la main qui saisit les deux branches est la puissance. Celle-ci est évidemment placée entre le point d'appui & la résistance.

En général, rien de plus familier que le levier. On en trouve partout; presque tous les instrumens dont nous faisons habituellement usage sont des leviers. Ne parlons que des plus connus. Qui pourroit méconnoître dans chaque paire de ciseaux deux leviers du premier genre réunis à leur point d'appui commun, le clou sur lequel les deux

branches roulent. Il est placé entre la résistance, ou le corps qu'on coupe & la puissance qui font les deux doigts qui agissent dans les anneaux.

Je passe la rivière dans un batelet, & je le vois cheminer à l'aide de deux rames que le batelier fait mouvoir circulairement sur deux chevilles fixées, l'une à la droite, l'autre à la gauche du batelet. Ne nous y trompons pas; ce n'est point là, comme on pourroit l'imaginer d'abord, non, ce n'est point là que se trouve le point d'appui, mais bien la résistance. C'est en effet contre ces deux points que s'exerce toute la force du batelier, pour faire avancer son batelet. Le point d'appui est sur la rivière, & ce point, c'est précisé-

ment cette partie de la surface de l'eau que frappent les extrémités aplaties des rames. Chacune d'elles fait donc fonction d'un levier du second genre. Nous n'étendrons point davantage ces observations.

Pour peu qu'on réfléchisse sur la manière dont on se sert de presque tous les instrumens qu'on manie, on y découvrira facilement, comme je le disois il n'y a qu'un moment, un exemple de l'un des trois genres de leviers, qui ne diffèrent entre eux que par la position respective du point d'appui, de la puissance & de la résistance, & conséquemment par le genre.

De quelque genre cependant qu'il soit, c'est la même loi qui régit

l'équilibre entre une puissance & une résistance qui agissent l'une contre l'autre à l'aide de cet instrument ; & si nous supposons que la puissance , ainsi que la résistance soient des êtres inanimés , de simples poids , toujours il y aura équilibre entre elles , lorsque leurs masses seront en raison réciproque de leurs distances au point d'appui.

Dans la supposition donc où les masses seront égales , elles seront en équilibre lorsque leurs distances au point d'appui seront égales , & dans le cas où ces masses seroient inégales , elles seront en équilibre , si leurs distances sont telles que la plus grande masse compense , par son excès de masse , ce qui manque à sa distance

au point d'appui, & c'est en cela que consiste la réciprocité que nous venons d'indiquer. Il y aura donc toujours équilibre, par le moyen d'un levier quelconque, lorsqu'on pourra établir la proportion que voici. La masse de la puissance est à celle de la résistance, comme la distance de celle-ci au point d'appui est à celle de la puissance.

Et d'abord point de difficulté pour le levier du premier genre, soit que le point d'appui, placé entre la puissance & la résistance, soit à égale ou inégale distance de l'une & de l'autre.

Dans le premier cas, où cette distance est égale, le levier ne diffère point d'une balance ordinaire, dans

dans laquelle les poids dont les bassins sont chargés représentent la puissance & la résistance, & dont l'axe, qui roule dans la châsse, est le point d'appui également éloigné des extrémités du fléau auxquels les bassins sont suspendus.

Ici, & tout le monde le fait, il ne peut y avoir équilibre ; le fléau de la balance ne peut demeurer en repos dans une situation parallèle à l'horizon, qu'autant que les poids sont égaux de part & d'autre. Or, dans ce cas, il est évident que ces poids sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui ; puisqu'on peut dire que la masse de l'un est à la masse de l'autre, comme la distance de ce dernier à

l'axe de la balance, est à la distance de son antagoniste au même axe.

Dans la supposition présente, tout est égal, masses & distances; comment les forces ne le feroient-elles pas? Or, ces forces agissent en sens contraire sur le fléau, l'une tendant à l'abaisser, tandis que l'autre l'élèveroit, il faut donc nécessairement qu'elles se détruisent mutuellement, & conséquemment qu'elles demeurent en équilibre. Si cependant on me demandoit la raison ultérieure & mécanique de cet équilibre, voici ce que je répondrois, & ma réponse seroit sans réplique.

La balance chargée de poids égaux



de part & d'autre ne peut se mouvoir sur son axe, que les bassins & avec eux les poids dont ils sont chargés ne se meuvent avec la même vitesse ; puisqu'étant suspendus aux extrémités de deux bras parfaitement égaux, ces bras sont comme deux rayons d'un même cercle, qui décrivent, dans le même-temps, des arcs égaux, l'un en montant, l'autre en descendant.

Si on multiplie donc séparément la masse de chacun de ces poids par la vitesse qu'il auroit, en supposant la balance en mouvement, les produits seront égaux, comme résultant de racines égales. Les forces sont donc égales, & comme elles sont opposées, elles s'équilibrent nécessairement.

ment ; d'où je conclus que des masses égales , agissant à des distances égales du point d'appui , par le moyen d'un levier du premier genre , se font équilibre.

On concevra aussi facilement cet équilibre entre des masses inégales , qui agiroient en sens contraire sur les bras d'un levier de même genre , si , leurs distances au point d'appui étant inégales , elles étoient réciproques aux masses.

Supposons que l'axe d'une balance , ou son point d'appui soit plus proche de l'un des bassins que de l'autre ; que l'un de ses bras , par exemple , soit trois fois plus long , alors cette balance fera ce qu'on appelle une *romaine* , & dans la supposition

donnée, il y aura équilibre si le poids, placé dans le bassin qui est suspendu au plus court des deux bras, est trois fois plus pesant que l'autre : or, dans ce cas, les masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui, & leurs forces égales de part & d'autre.

1°. Les masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui ; puisque la petite en est d'autant plus éloignée que la grande, que celle-ci l'emporte sur elle par sa masse.

2°. Leurs forces sont égales ; puisque les produits de chacune de ces masses par la vitesse qu'elle auroit, si la balance venoit à se mouvoir, sont égaux. Supposons, en effet, qu'elle

se meuve , chaque masse se mouvra alors avec une vitesse proportionnée à la longueur du bras , à l'extrémité duquel elle sera suspendue. La petite se mouvra donc trois fois plus vite que la grande. Sa force sera donc égale à 3 , produit d'une masse comme 1 , par une vitesse 3. Celle de la grande ne sera pas différente , étant égale au produit d'une masse comme 3 , par une vitesse 1. Les forces opposées sont donc égales dans la supposition actuelle , & conséquemment elles s'équilibrent. C'est donc une loi générale & constante , pour le levier du premier genre , que la puissance & la résistance soient en équilibre , lorsque leurs masses sont en raison réciproque de

leurs distances au point d'appui.

Elle n'est pas moins générale ni moins constante, cette loi, pour les leviers des deux autres genres. Parlons d'abord de celui du second. Je suppose que dans celui-ci le point d'appui soit situé, comme nous l'avons déjà remarqué, à l'une de ses extrémités, la puissance à l'autre, & la résistance entre l'une & l'autre; mais de manière que celle-ci tendant à faire baisser le levier, la puissance tende à le faire monter, supposition nécessaire pour que les forces soient opposées.

Dans cette supposition, il y aura équilibre avec ce levier comme avec le précédent, si la puissance & la résistance sont entre elles, quant à

leurs masses , en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. Si en effet ce levier venoit à se mouvoir , la résistance gagneroit en masse ce qu'elle perd en vitesse par sa plus grande proximité du point d'appui. Il y auroit donc une compensation exacte entre les masses & les vitesses , & conséquemment égalité de forces opposées qui se détruiraient & produiraient l'équilibre. Le calcul le démontre , & l'expérience se joint au calcul pour confirmer la vérité de cette loi , qui convient également au levier du troisième genre.

Je n'en veux d'autre preuve que celle que je viens de donner en faveur du levier du second genre , puis que celui-ci deviendra un levier

du troisième genre, en changeant seulement les noms de la puissance & de la résistance : je veux dire, en appellant la puissance, dans le levier du troisième genre, ce qu'on appelle la résistance, dans celui du second, & alternativement, la résistance, ce qu'on nomme la puissance.

On conçoit facilement que ce changement de nom n'influe en rien sur la chose; il fait seulement que le levier prend une dénomination différente : or, en appliquant à celui du troisième genre le même raisonnement que nous venons de faire pour le levier du second genre, on voit manifestement que la même loi régit ces deux espèces de leviers, comme elle régit celui du premier genre ;

d'où je conclus qu'avec toute espèce de levier quelconque, il y aura équilibre entre la puissance & la résistance, lorsque leurs masses feront en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. Parlons maintenant des autres machines simples qui se rapportent au levier.

La *balance ordinaire* & la *romaine* sont celles qui se présentent les premières dans l'ordre que les mathématiciens leur assignent, & elles méritent d'autant mieux cette place, qu'elles ne sont, à proprement parler, l'une & l'autre, que des leviers du premier genre, & même, de tous les leviers de ce genre, ceux qui sont les plus connus & dont on fait le plus habituellement usage.



C'est à ce titre que nous avons cru devoir les prendre pour exemples, & que nous les avons jugés très-propres à faciliter l'intelligence de la théorie des leviers que nous venons de développer. Il nous reste cependant quelques observations à faire à leur égard, & nous allons nous y arrêter un moment.

La bonté d'une balance ordinaire dépend de l'exactitude de sa construction, & parmi les conditions indispensables qu'elle exige pour remplir convenablement ses fonctions, l'égalité de ses bras mérite une attention particulière. Au défaut de cette parfaite égalité, la balance n'est plus qu'une balance frauduleuse, une

balance dont on peut abuser au préjudice de la société.

Supposons , en effet , qu'une balance soit construite de manière que l'un de ses bras soit plus long que l'autre , sans cependant que cette différence soit sensible à l'œil ; qu'ils soient , par exemple , dans le rapport de 12 à 11.

Le fléau , déchargé de ses bassins , pourra très-bien se mettre en équilibre avec lui-même , & paroître exact à la vue. Il suffit pour cela que le bras le plus court ait un excès de masse qui compense ce qui manque à sa longueur.

Il demeurera encore en équilibre chargé de ses bassins , si on a ménagé un excès convenable de poids à celui

qui sera suspendu à l'extrémité du plus court des deux bras. Cette balance paroîtra donc encore exacte à l'œil, mais elle ne le sera point dans le fait; l'équilibre ne pourra s'établir avec elle qu'entre des poids inégaux.

Il est en effet démontré par la théorie du levier, qu'il ne peut y avoir d'équilibre avec cette espèce de machine, qu'autant que les masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. Il faudra donc nécessairement, dans la supposition présente, un poids comme 12, dans le bassin suspendu au plus court des deux bras, pour équilibrer un poids comme 11, dans le bassin opposé.

Qu'on juge maintenant de l'abus que peut faire de cet instrument un joaillier de mauvaise foi qui connoîtroit le défaut de sa balance. Il vendroit pour un diamant de 12 karats celui qui n'en peseroit que 11 , en le mettant dans le bassin qui seroit suspendu au plus long des deux bras.

La fraude seroit encore plus grande , le préjudice plus considérable , si le diamant pesoit davantage. Il y auroit une erreur de 8 karats sur un diamant qui en peseroit quatre-vingt-seize ; elle seroit plus grande encore s'il s'agissoit d'un plus gros diamant , & ceux qui connoissent le tarif du prix de cette marchandise ,

sentent combien cette erreur seroit préjudiciable à l'acquéreur.

S'il étoit permis de faire tomber dans son propre piège l'homme injuste & de mauvaise foi , qui abuse de notre confiance , il seroit facile de faire tourner à son désavantage l'instrument de sa fraude , en l'obligeant seulement de transporter la marchandise de l'un des bassins dans l'autre. Cet échange fait , on auroit en sus du véritable poids , celui qu'il avoit dessein de dérober , & même quelque chose au-delà. Un calcul très-facile à faire le démontre incontestablement.

§ Un poids de 12 karats qui agit sur l'extrémité du bras d'une balance , dont la longueur est exprimée par 12,

fait sur l'axe de cette balance un effort égal à 144, produit de sa masse 12 par sa distance 12 au point d'appui, ou par la vitesse qu'il auroit si la balance venoit à se mouvoir. Il faut donc que le poids placé dans le bassin opposé, pareillement multiplié par sa distance au même point d'appui, donne pour produit 144. Or, je demande quel est le poids qui, multiplié par 11, puisque la distance, dont il est ici question, est supposée égale à 11, donnera au produit 144.

Pour le trouver ce poids, il ne s'agit que de diviser 144 par 11, & le quotient 13  $\frac{1}{11}$ , indiquant le poids cherché, montrera ce qu'on auroit à gagner dans la supposition donnée.

Je conclus donc qu'en faisant changer de bassin & la marchandise & les poids, on aura en sus du véritable poids, quelque chose au-delà de ce que le marchand avoit dessein de dérober.

Mais persuadé, comme je le suis, que de faire tourner à son avantage la cupidité d'un homme de mauvaise foi, ce seroit commettre une injustice, j'indiquerai un moyen de connoître le véritable poids d'une marchandise pesée dans une balance frauduleuse de l'espèce de celle dont je viens de parler. A la vérité, ce moyen ne peut être pratiqué que par ceux qui sont au fait du calcul des puissances ; n'importe : le voici en peu de mots ; en profitera qui pourra.

Placez la marchandise dans l'un des bassins de la balance, n'importe lequel, & cherchez le poids qu'il faut mettre dans l'autre pour lui faire équilibre ; tenez compte de ce poids, & recommencez l'opération, après avoir changé la marchandise de bassin. Il faudra sans doute un autre poids, pour retrouver l'équilibre. Dès que vous l'aurez connu, multipliez-le par le précédent, & cherchez ensuite la racine quarrée du produit : cette racine indiquera le véritable poids de la marchandise.

Je finis ce qui concerne la balance, par une observation qui mérite de trouver ici sa place.

La grande mobilité de cette machine est une de ses qualités les



plus précieuses. Or , cette qualité s'altère & diminue dans toute balance , à mesure que les bassins sont plus chargés , parce que la charge se portant sur l'axe , elle augmente son frottement.

On remédie jusqu'à un certain point à cet inconvénient , lorsqu'il s'agit de peser de gros fardeaux , en substituant une balance romaine à une balance ordinaire ; & cela , parce que l'axe de la romaine ne porte point la charge des poids relatifs , mais seulement des poids absolus ; je m'explique.

Un poids de cent livres , par exemple , ne peut être en équilibre dans une balance ordinaire que par un contre-poids de cent livres , &

alors l'axe de la balance est chargé de deux cents livres.

Avec une romaine, au contraire, un poids d'une livre peut équilibrer un poids de cent livres. Il suffit pour cela que le poids d'une livre soit suspendu à l'extrémité d'un bras cent fois plus long que celui qui soutient le poids de cent livres; puisqu'alors les masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui : or, dans cette supposition, l'axe de la romaine n'est point chargé de deux cents livres, somme des poids relatifs, mais seulement des poids absolus, qui sont ici, cent livres d'un côté & une livre de l'autre.

L'expérience confirme parfaitement

cette assertion : d'où il résulte que dans une forte pesée , l'axe d'une romaine doit être plus mobile que celui d'une balance ordinaire , & conséquemment qu'il est alors avantageux de la préférer à cette dernière.

*La poulie* est la seconde des machines simples qu'on rapporte au levier. C'est un plan circulaire qui tourne sur son axe, & cet axe est le point d'appui sur lequel la puissance & la résistance s'exercent.

Celles-ci sont appliquées aux extrémités d'une corde qui embrasse une portion de la circonférence du plan circulaire , & cette circonférence est creusée en forme de gorge qui reçoit & retient la corde.

Ne considérant dans une poulie de cette espèce, attachée fixement au point D, (*Planche 1, Fig. 1*) que le diamètre A B, sur les extrémités A & B duquel s'appuie la corde qui embrasse la demi-circonférence A E B, on concevra facilement que tout l'effort des poids P & Q, suspendus de part & d'autre à cette corde, se porte sur les points A & B du diamètre A B.

Or, comme ces deux points, ainsi que tous ceux qui terminent les autres diamètres, qui succèdent à celui-ci dans la révolution de la poulie, & sur lesquels les mêmes poids P & Q exercent successivement leur effort, sont tous également

éloignés du centre C, ou de l'axe de la poulie, il s'ensuit qu'une poulie fixe représente une succession de leviers du premier genre dans chacun desquels la puissance & la résistance sont également éloignées du point d'appui, & conséquemment que les poids P & Q doivent être égaux pour se faire équilibre.

De là je conclus que la puissance ne gagne rien en force, dans le service de cette machine; elle n'acquiert d'autre avantage que celui d'agir d'une manière plus favorable, en ce qu'elle agit conformément à la direction de la pesanteur, & cet avantage est connu de tout le monde.

Qui ignore, en effet, qu'en se servant du bras de l'homme pour tirer

un seau d'eau , par exemple , il ne lui soit bien plus avantageux de tirer de haut en bas la corde à laquelle ce seau est attaché , lorsqu'elle passe sur la circonférence d'une poulie fixée au-dessus de l'ouverture du puits , que de tirer à lui & de bas en haut la même corde , qui glisseroit simplement sur la margelle du puits.

Veut-on lui rendre ce service plus facile encore , ou moins pénible ? il faut qu'au lieu de rouler dans les yeux de la châsse , l'axe de la poulie soit appuyé de part & d'autre sur l'intersection de deux rouleaux mobiles adaptés aux deux côtés de la châsse.

Dans ce cas , comme dans le précédent ,

précédent, la puissance n'en a pas moins à équilibrer la totalité du fardeau; mais si elle doit le surmonter, elle le surmonte plus facilement, puisque la machine est plus mobile, en ce qu'elle éprouve moins de frottement.

Il est certains cas où la puissance trouve bien plus d'avantage encore dans le service des poulies; c'est lorsqu'elles sont multipliées. Veut-on, par exemple, soulager la puissance au point qu'elle n'ait que la moitié du fardeau à porter? deux poulies suffisent, & voici de quelle manière il faut les disposer.

Suspendez le fardeau Q sous l'axe d'une poulie mobile M, (*Planche 1, Fig. 2,*) qui fera elle-même partie

D,

du fardeau, & s'élèvera avec lui, tandis que la puissance  $P$  agira à l'aide d'une poulie fixe  $F$ , en tirant la corde qui embrasse ces deux poulies, & qui est fixement attachée au point  $d$ .

Dans cette disposition, la poulie devient une machine composée, & elle offre à la puissance un levier du second genre, dans lequel le point d'appui est une fois plus proche de la résistance que de la puissance. D'où je conclus qu'à l'aide de cette machine, une puissance comme  $x$  est en état d'équilibrer une résistance comme  $z$ ; ou qu'elle n'a que la moitié du fardeau à soutenir.

Suivons en effet les révolutions de la corde, dans ce système de



poulies , étudions les positions respectives du point d'appui, de la puissance & de la résistance, & nous serons convaincus de la vérité de cette assertion.

L'une des extrémités de cette corde est fixement arrêtée au point *d*. D'où elle part pour venir embrasser la demi-circonférence inférieure de la poulie mobile *M*, sous l'axe de laquelle le fardeau *Q* est suspendu; de là elle passe sur la demi-circonférence supérieure de la poulie fixe *F*, attachée au point *D*, & la puissance *P*, appliquée à l'extrémité *P* de cette corde, agit selon la direction *AP*.

Cette disposition connue, si nous considérons cette machine dans son

état de repos , ou d'équilibre, nous verrons son point d'appui en  $d$  , où la corde est attachée ; mais comme cette corde s'applique sur l'extrémité  $b$  du diamètre  $a b$  de la poulie mobile  $M$  , c'est à ce point  $b$  où le point d'appui doit être rapporté.

La résistance , ou le fardeau  $Q$  étant suspendu à la châsse de la même poulie , tout son effort se porte sur son axe où se réunit le poids de la poulie , qui fait elle-même partie du fardeau. La résistance est donc éloignée du point d'appui de la quantité  $c b$  , ou de la longueur d'un des demi-diamètres de la poulie.

Enfin la puissance  $P$  , appliquée à l'extrémité de la corde , ne trouvant

d'autre avantage dans la poulie fixe *F*, que d'agir d'une manière plus commode, elle agit ici comme elle agiroit, si placée au point *B* elle tiroit la corde de bas en haut, selon la direction *a B*. Son action s'exerce donc sur l'extrémité *a*, du diamètre *a b* de la poulie mobile, & conséquemment elle peut & elle doit être rapportée à ce point, où elle est éloignée du point d'appui *b*, de toute la longueur du diamètre *a b*, ou du double de la distance à laquelle la résistance est située par rapport au même point d'appui.

La poulie mobile *M* fait donc ici fonction d'un levier du second genre, dans lequel la puissance est une fois plus éloignée que la résis-

tance du point d'appui ; d'où je conclus que les masses devant être réciproques aux distances, pour le cas d'équilibre , une masse comme 1 , doit , à l'aide de cette machine , équilibrer une masse comme 2 , ou que la puissance  $P$  ne soutient ici que la moitié du fardeau  $Q$ .

J'observerai cependant que cette assertion n'est exactement vraie qu'autant que les cordes sont parallèles entre elles , comme on le remarque dans la figure , & non telles qu'on a coutume de les disposer dans la pratique ordinaire , où au lieu d'attacher la corde à un point fixe  $d$  , séparé des poulies , on l'attache à un crochet  $V$  , qui se trouve à l'extrémité du prolongement de la

châsse de la poulie fixe F ; ce qui rend oblique l'action de la puissance, & lui fait perdre une partie de sa force.

On peut multiplier le nombre des poulies , dans la même ou dans différentes châsses, & de cette multiplication de poulies, qu'on appelle *mouffles* ou *poulies moufflées*, naissent différens systèmes de poulies composées qui tournent plus ou moins au profit de la puissance. J'abandonne aux Mécaniciens le soin de décrire & de faire connoître les avantages de ces sortes de machines que nous sommes à portée de voir tous les jours. Ces détails n'intéressent que ceux qui ont besoin d'en faire usage. Je passe donc à la

dernière des machines simples qui se rapportent au levier.

Celle-ci est un cylindre plus ou moins long qui se meut circulairement sur les extrémités de son axe, & comme cet axe peut être disposé de deux manières différentes, on distingue cette machine en deux espèces.

Son axe est-il disposé parallèlement à l'horizon, c'est un *tour* ou un *treuil*, c'est un *vindas* ou un cabestan, lorsque cet axe est perpendiculaire à l'horizon.

Rien de plus multiplié que ces fortes de machines, ou au moins la première; on trouve presque partout des tours; on en voit à la bouche de presque tous les puits,

& on les fait mouvoir à l'aide d'une ou de deux manivelles; la corde qui y est attachée s'enveloppe sur leur circonférence, & le féau monte à proportion qu'on les fait tourner.

Si on fait abstraction de la manivelle qui le conduit, le tour n'est qu'un assemblage de poulies fixes, adossées les unes aux autres, & comme enfilées sur le même axe. De là on conçoit que si la corde, embrassant la demi - circonférence du tour, pendoit librement de chaque côté, la puissance & la résistance agiroient sur deux points diamétralement opposés de sa circonférence, & à même distance de l'axe, dont tous les points, pris sur sa longueur, font successivement fonction de point

d'appui ; elles ne pourroient donc être en équilibre entre elles , qu'autant que leurs masses seroient égales.

Dans cette disposition , la puissance n'auroit aucun avantage sur la résistance , & c'est pour lui en procurer un qu'on adapte à cette machine une manivelle dont le bras est plus long que le rayon , ou le demi-diamètre du tour.

On doit donc considérer le bras de cette manivelle comme le prolongement d'un des rayons de la machine , & par ce moyen , la puissance appliquée à son extrémité , se trouve d'autant plus éloignée du point d'appui , que la longueur de ce bras excède davantage celle du rayon du tour à l'extrémité duquel



la résistance reste constamment appliquée , étant attachée à la corde qui embrasse la circonférence de cette machine.

Veut-on connoître ce que gagne ici la puissance ? la proportion suivante l'indique , en nous apprenant le rapport qui doit se trouver entre la puissance & la résistance , pour qu'elles soient en équilibre. Il faut , dans ce cas , que la puissance soit à la résistance , comme la longueur du rayon du tour est à celle du bras de la manivelle.

De là , si on suppose que la longueur de ce bras soit double de celle du rayon du tour , une puissance comme 1 fera en état d'équilibrer une résistance comme 2 , & c'est beau-

coup pour une machine de cette espèce , dans laquelle le bras de la manivelle ne peut excéder en longueur le bras de l'homme qui la fait mouvoir.

Pour rendre donc cet avantage supérieur à celui qu'on pourroit attendre d'une simple manivelle , on lui substitue des leviers croisés qui traversent l'épaisseur du tour , & cet instrument facile à transporter partout où l'on peut en avoir besoin , procure un avantage d'autant plus grand que ces leviers sont plus longs ; ce qui se conçoit facilement ; puisqu'ils servent à éloigner la puissance , tandis que la résistance demeure constamment dans le même degré d'éloignement du point d'appui.

Ainsi

Ainsi construit, muni de leviers qui le font mouvoir, le tour s'appelle plus généralement un *treuil* ; mais il faut observer que la puissance ne trouve point toujours dans cette machine tout l'avantage qu'elle désireroit avoir sur la résistance, & cela, parce qu'on ne peut prolonger autant qu'il le faudroit la longueur de ces leviers. On conçoit en effet qu'ils s'écartent les uns des autres à mesure qu'ils se prolongent : or, s'il sont trop écartés, après en avoir abaissé un, le bras de l'homme ne pourra atteindre le suivant. L'avantage de la puissance se trouve donc souvent trop borné dans l'usage de cette machine.

Pour remédier à cet inconvénient,

on lie entre eux ces leviers , on les embrasse avec des jantes qu'on y adapte , ce qui forme une roue sur le plan , & vers la circonférence de laquelle on fixe des chevilles qui la traversent , & cette roue est ce qu'on appelle *une roue de carrière* , parce qu'on en fait plus communément usage pour tirer des pierres du fond des carrières.

On conçoit qu'en s'appuyant successivement sur les chevilles de cette roue , les hommes qui la font mouvoir , ou la puissance est éloignée du point d'appui de toute la longueur d'un de ses demi-diamètres , & conséquemment qu'elle y trouve d'autant plus d'avantage contre la résistance

que le diamètre de cette roue est plus grand.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend facilement, & sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans un plus long détail, que la *chèvre*, le *gruau*, la *grue*, & plusieurs autres machines de cette espèce, dont on se sert ordinairement pour élever les matériaux des édifices, ne sont, à proprement parler, que des treuils disposés convenablement au service qu'on en attend.

Jusque - là cette machine, de quelque manière qu'elle soit construite, ne peut servir qu'à élever, ou à faire descendre des fardeaux; mais lorsqu'il s'agit de les tirer à soi, de les faire avancer sur le

terrain, alors on change la position de son axe. Au lieu donc d'être parallèle à l'horizon, comme il l'est dans les machines précédentes, on le dispose perpendiculairement à l'horizon, & dans ce cas, cette machine change de nom, ainsi que je l'ai remarqué précédemment : ce n'est plus un *tour* ou un *treuil* ; c'est un *vindas*, ou un *cabestan*. On la fait mouvoir avec des leviers croisés, qui traversent sa tête, ou l'extrémité supérieure du tour, & qui sont disposés parallèlement à l'horizon à une hauteur convenable pour que l'homme puisse les faire mouvoir commodément.

Cette machine fait encore fonction

d'un levier du premier genre , dont les bras feroient inégaux , & la même analogie que nous avons indiquée pour le treuil , nous apprend quel doit être ici le rapport de la puissance à la résistance pour qu'il y ait équilibre : il faut encore que la puissance soit à la résistance , comme le demi-diamètre , ou le rayon du tour est à la longueur des leviers dont on se sert pour le faire mouvoir.

On voit très-fréquemment de ces sortes de machines sur les ports ; elles y sont avantageusement employées à débarquer & à amener à terre de très-lourds fardeaux. On s'en sert également pour les embarquer ; elles sont encore employées à

bien d'autres usages qu'il est inutile d'indiquer : je passe donc à la seconde espèce des machines simples.

## SECONDE SECTION.

### *Du Plan incliné.*

*Un plan incliné* est un plan qui fait un angle avec l'horison. Il est d'autant plus incliné que cet angle est plus petit, moins ouvert ou plus aigu, c'est le terme propre. Je pose ce livre sur une table, je l'entrouvre dans une partie quelconque de son épaisseur ; la partie soulevée me montre un plan incliné, & ce plan est d'autant plus incliné que le livre est moins ouvert. Une figure rendra



cela plus sensible, & pour que cette figure soit moins confuse, je ne représenterai les plans que par des simples lignes.

Soit donc le plan incliné  $EB$ , (*Planche 1, Fig. 3*), formant avec le plan horizontal  $AB$ , l'angle  $EBA$ , mesuré par l'arc  $AE$ , plus petit que l'arc  $AD$ , qui mesure l'angle  $DBA$ , formé par le plan incliné  $DB$ , & le même plan horizontal  $AB$ ; le premier de ces deux plans est évidemment plus incliné que le second.

On distingue dans tout plan incliné sa longueur, qui demeure invariable, & sa hauteur qui varie à raison de son inclinaison. La longueur des deux plans inclinés  $EB$

& D B est la même, comme celle de deux rayons d'un même cercle ; mais leurs hauteurs sont bien différentes. Celle du plan E B se mesure par la perpendiculaire E e , abaissée de son sommet sur le plan horizontal A B ; celle du plan B D se mesure par la perpendiculaire D b , pareillement abaissée de son sommet sur le même plan A B : or celle-ci est évidemment plus grande que la première , & on conçoit qu'elle augmenteroit encore en longueur , si le plan s'élevoit davantage , & que son inclinaison fût moindre.

- De quelque quantité qu'il soit incliné , il suffit qu'il le soit pour favoriser la puissance qui s'en sert à élever un corps sur sa longueur :

## G É N É R A L E.      81

parce que, dans toute quantité donnée d'inclinaison, il soutient une partie du poids de ce corps, & conséquemment il soulage la puissance d'une partie de l'effort qu'elle auroit à faire, si elle avoit à soutenir la totalité de son poids.

On comprendra facilement la vérité de cette assertion, si on considère qu'en vertu de son inclinaison, supposons E B, ce plan participe à la nature du plan horizontal A B, qui soutiendrait entièrement le poids d'un corps qui reposeroit sur lui. Il participe aussi à la nature du plan vertical B C, qui ne soutiendrait aucune portion de ce poids, si le corps avoit à se mouvoir en s'élevant selon la hauteur de ce plan.

E y

Plus donc il fera incliné, plus il participera à la nature du plan horizontal, & plus il soutiendra du poids du corps qui se mouvra sur lui. L'avantage de la puissance croîtra donc à raison de son inclinaison ; mais pour déterminer plus précisément cet avantage, je considère qu'à mesure que le plan s'incline, sa hauteur diminue, sa longueur restant la même ; d'où je conclus que l'avantage qu'il procure à la puissance, croît en raison inverse ou réciproque de sa hauteur ; je veux dire que la puissance a d'autant moins d'effort à faire pour soutenir un corps sur un plan incliné, que la hauteur de ce plan est plus petite, toutes choses égales d'ailleurs.

C'est d'après cette observation bien méditée , que les mathématiciens comparent ici le poids total de la résistance à la longueur du plan incliné , & ce qui reste de ce poids à soutenir sur ce plan à sa hauteur , & ils démontrent : qu'il y a équilibre entre une puissance & une résistance qui agissent l'une contre l'autre , sur un plan de cette espèce , lorsque la puissance est à la résistance , comme la hauteur du plan est à sa longueur.

L'expérience justifie on ne peut mieux cette théorie : elle prouve qu'une puissance comme 1 , équilibre une résistance comme 2 , sur un plan incliné , dont la hauteur n'est que la moitié de sa longueur. Cette règle

est générale dans tous les cas possibles où l'on emploie cette machine à laquelle les deux suivantes se rapportent.

D'abord le coin, qui est, à proprement parler, un plan incliné; lorsqu'il est simple, ou un double plan incliné, lorsque deux coins sont adossés l'un à l'autre, comme il arrive assez souvent. Dans le premier cas, cette machine sert à soulever des fardeaux, en la faisant glisser dessous depuis son extrémité aiguë jusqu'à sa tête. Dans cette opération, la fardeau est élevé de toute la hauteur de la tête du coin, qui représente la hauteur du plan incliné.

Plus fréquemment le coin est double, comme composé de deux coins

adossés l'un à l'autre. Dans ce cas, il est particulièrement destiné à fendre & à écarter les parties d'un corps, tel qu'une bûche.

On commence par lui frayer un chemin entre les parties qu'on veut séparer; on l'engage ensuite dans ce chemin par son extrémité tranchante, & à coups redoublés qu'on frappe sur sa tête, avec un maillet, on parvient à l'enfoncer entièrement & à fendre la bûche.

Cette pratique est généralement connue de tout le monde; ainsi que la machine dont on fait alors usage; mais ce que tout le monde ne connoît point aussi bien; c'est cette multiplicité de coins dont on se sert habituellement, sans que la plupart des

ceux qui s'en servent y fassent attention, & les reconnoissent pour des véritables coins.

Qui croiroit que tous les instrumens tranchans, à commencer par la lancette du chirurgien, le scalpel de l'anatomiste, le rasoir du barbier, le couteau dont tout le monde se fert, jusqu'à la serpette du jardinier, la coignée du bûcheron, & quantité d'autres que j'omets, sont autant de coins particuliers? c'est cependant une vérité incontestable, & dont on se persuadera facilement en considérant les deux surfaces inclinées de tous ces instrumens, sur des faces qui se réunissent, & forment entre elles un angle plus ou moins aigu.



Bien qu'arrondies sur leurs longueurs, les épingles & les aiguilles, font aussi de petits coins, à raison de leurs pointes effilées, où viennent aboutir les côtes insensibles, qui règnent le long de leur pourtour, & qu'on doit regarder comme autant de faces qui concourent à former le coin. La pointe en est l'angle solide, & c'est cet angle qui fait la partie essentielle de ces machines aussi précieuses que communes.

Si le levier se trouve par-tout, le coin n'est peut-être pas moins répandu. Laisant à part l'usage qu'on fait quelquefois de celui-ci pour soulever un corps, je conçois qu'il agit de deux manières dans les autres circonstances. Il agit en pressant

l'aide d'une force qui le frappe, ou qui le pousse, & tout le monde connoît cette façon d'agir ; tout le monde fait qu'en frappant la tête d'un coin, engagé dans l'épaisseur d'une bûche, il s'y enfonce & il la fend. Tout le monde fait également qu'en poussant la tête d'une épingle ou d'une aiguille, elle entre dans l'étoffe ou dans la toile qu'elle perce.

Mais ce que tout le monde ne fait pas, & ce qui n'est pas moins constant cependant, c'est que la plupart des coins agissent à la manière d'une scie, en déchirant le corps sur lequel on les traîne ; c'est de cette manière sur-tout qu'agissent tous les instrumens tranchans, qui

font, comme nous l'avons observé précédemment, de véritables coins. On les traîne, pour ainsi dire, sur les corps qu'on veut couper, & ils les scient.

Quelque droit que paroisse le tranchant d'un couteau, par exemple, il ne l'est cependant point absolument; il est hérissé de petites dents, mais si fines & si déliées, qu'elles sont imperceptibles à l'œil: or, bien qu'invisibles, elles n'en n'existent pas moins pour cela, & elles sont éprouver, au corps sur lequel on les traîne, l'effet d'une véritable scie.

Aussi remarquons-nous qu'on n'a pas besoin d'appuyer fortement la lame d'un couteau, pour qu'il coupe,

en sciant les morceaux qu'on veut séparer. Aussi remarquons nous encore que cette lame ne coupe pas aussi bien après un certain temps de service, parce que les dents se sont usées : il faut , pour les faire renaître , qu'elle soit repassée sur une pierre à aiguïser.

Voilà en abrégé les idées les plus précises que nous puissions nous former du coin , de sa diversité , & de sa manière d'agir. Nous savons , & nous ne pouvons douter que cet instrument ne soit un plan incliné , plus souvent même un double plan de cette espèce ; mais ce qui nous intéresseroit davantage à savoir , c'est l'avantage que trouve la puissance dans le service de cette machine , or c'est précisément , non ce que

nous ignorons, mais ce qui fait l'objet d'une contestation qui subsiste depuis long - temps entre les plus célèbres mécaniciens.

L'opinion cependant qui paroît la mieux fondée & la plus conforme à l'expérience, si on peut s'en rapporter à elle, dans une circonstance ou l'imperfection irremédiable de la machine nous avertit d'être circonspects sur les résultats qu'elle présente, l'opinion, dis-je, la mieux fondée nous apprend que dans le coin simple, tel que A B C, (*Planch. 1 ; Fig. 4*) la puissance doit être à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme l'épaisseur de la tête A B, est à sa hauteur B C.

Mais s'il s'agit d'un coin double

tel que  $A D C$ , (même figure), la puissance doit être à la résistance, comme l'épaisseur de la tête  $A D$  est au double de sa hauteur  $B C$ , & dans le fait l'expérience s'éloigne très-peu de cette théorie, qu'elle confirmeroit peut-être absolument, si on pouvoit parer aux défauts inévitables de cette machine.

La *vis* est la seconde des machines simples qu'on rapporte au plan incliné. On s'en formera une juste idée, en la considérant comme un cylindre ou un cône fort alongé, sur la longueur duquel on a creusé une gorge qui l'enveloppe en forme de spirale.

On distingue deux choses dans une vis; son *filet* & son *pas*. Le *filet* est cette partie saillante du cylindre

qui règne entre chaque tour de la gorge spirale ; le pas est la distance qui sépare chacun des filets de la vis : or, un filet de vis développé présente un plan incliné, dont la hauteur est marquée par ce qu'on appelle le pas de la vis, & la longueur par le pourtour d'un de ses filets.

Si au lieu d'être creusée sur la longueur d'un cylindre, la gorge, dont nous venons de parler, l'étoit dans la circonférence d'un trou circulaire, elle formeroit une autre espèce de vis qu'on appelle un *écrou*.

Celui-ci est destiné à recevoir les filets d'une vis proprement dite, & pour cela, on conçoit que l'ouver-

ture de l'écrou, ainsi que les pas de vis qui y sont creusés doivent être proportionnés à la grosseur & aux pas de la vis qui doit s'y introduire, de manière que les filets de celle-ci puissent s'engager & s'emboîter exactement entre les filets de l'autre. Dans un casse-noisette, par exemple, la queue porte la vis, & la boîte dans laquelle on renferme la noix présente l'écrou.

Ces deux espèces de vis sont inséparables dans les machines qui servent à pousser des corps, à les presser, & à les contenir en situation. Il est peu de cas où l'écrou soit inutile, si nous en exceptons ceux dans lesquels on emploie des *vis en bois*; celles-ci sont taillées de manière qu'elles for-



ment elles-mêmes leurs écroux dans l'épaisseur du bois dans lequel on les fait entrer; mais elles sont tout-à-fait étrangères à l'objet dont il est ici question.

On conçoit facilement que les pas d'une vis une fois engagés entre ceux de son écrou, les parties qui se touchent doivent éprouver un très-grand frottement, sur-tout lorsque le corps contre lequel on la fait agir, lui fait supporter son poids, & que ce poids est très-considérable.

Ce frottement, qu'on cherche à diminuer, autant qu'il est possible, dans toute autre machine, comme nuisible à l'avantage qu'on en attend, devient très-utile dans le service de la vis. Il concourt à retenir la résistance dans le

situation à laquelle la puissance l'a réduite, lors même que celle-ci cesse d'agir. Un morceau de fer, par exemple, ferré entre les mâchoires d'un étau, y demeure constamment ferré, quoique le ferrurier abandonne à elle-même la vis qu'il a fait avancer jusqu'à un certain point dans l'écrou que porte la mâchoire fixe de cet outil.

Pour déterminer maintenant l'avantage qu'une puissance donnée trouve dans l'usage de cette machine, il faut comparer, non les vitesses avec lesquelles la puissance & la résistance se meuvent ensemble pendant l'action de cette machine, ce rapport seroit souvent difficile à saisir, & d'ailleurs il est des cas où la

où la résistance demeure sensiblement immobile sous l'effort de la vis qui la presse : ce qu'il faut donc comparer , c'est la vitesse avec laquelle la puissance se meut à celle avec laquelle la vis avance dans son écrou.

Pour les bien connoître ces deux fortes de vitesses , il suffit de déterminer le chemin que font la puissance & la vis dans le même-temps , & voici une méthode aussi simple que certaine pour mesurer ces chemins.

Supposons la puissance appliquée à l'extrémité d'un levier qui trayerse la tête de la vis , comme on l'observe dans l'étau du ferrurier. Considérons ensuite qu'elle parcourt la circonférence entière d'un cercle,

dont ce levier est un des rayons ; tandis que la vis n'avance que d'un seul pas dans son écrou.

Il faut donc , pour le cas d'équilibre , que la puissance soit à la résistance , comme la hauteur du pas de la vis est à la circonférence du cercle que décrit la puissance , à chaque révolution de la vis.

J'ai supposé ici une vis dont la tête étoit traversée par un levier , & cela , pour rendre plus sensible le chemin que fait la puissance ; mais pour peu qu'on y réfléchisse , on comprendra que chaque tête de vis , soit ronde , soit aplatie , comme elles le sont presque toutes , étant plus grosse que le cylindre sur lequel les pas de la vis sont creusés , la puis-

sance qui la fait mouvoir circulairement agit toujours par un levier plus ou moins long, levier qu'on peut facilement rapporter à celui qui mène la vis d'un étau. On doit donc conserver la même analogie pour toutes ces sortes de vis, & même pour celles dont la tête est fendue, afin qu'elle puisse recevoir la pelle d'un tourne-vis. Le manche de cet instrument offre manifestement un levier plus ou moins long à la puissance qui le conduit circulairement.

Avant de terminer cet article, nous dirons un mot de la *vis d'Archimède*, ainsi nommée du nom de son auteur, ce célèbre mathématicien, qui parvint, à l'aide d'un miroir ardent qu'il construisit, à

brûler , à une très-grande distance , la flotte de *Marcellus* , & à prolonger le siège de *Syracuse* sa patrie , par le secours de différentes machines qu'il imagina. S'il n'eût fallu que du génie pour sauver cette ville , toutes les forces des Romains se fussent épuisées contre les ressources d'*Archimède*. Elle fut prise enfin , & ce grand homme périt misérablement de la main d'un soldat , au moment où il étoit occupé à résoudre un problème ; mais revenons à sa machine.

Elle est formée d'un tube fait d'une matière assez flexible pour se courber & embrasser , en manière de spirale , la longueur d'un cylindre , qu'on fait mouvoir circulairement

sur deux pivots qui terminent son axe.

La partie ou l'extrémité inférieure du tube doit être évasée , en forme de bouche ou de cuiller. L'axe de la machine , & conséquemment la vis doit être disposée obliquement à l'horison , & de manière que la cuiller , dont nous venons de parler , plonge entièrement , pendant ses révolutions , dans la masse d'eau qu'on veut élever.

Ainsi construite & disposée , si on fait tourner cette machine sur son axe , la cuiller , qui plonge dans l'eau , s'en remplit , & elle passe de cette cuiller dans la première hélice , de celle-ci dans la seconde , & ainsi de suite d'hélices en hélices , jusqu'à

doit évacuer , & cela , parce qu'on perd environ les trois quarts du temps pendant lequel on la fait agir.

On s'en assurera facilement, si on fait attention que l'eau ne coule à l'extrémité de la vis que pendant un quart, ou environ de chacune de ses révolutions. Cette machine n'est donc , à proprement parler , qu'une très-belle machine dont on ne peut tirer de grands services. Si j'en ai parlé , ce n'a été qu'à dessein de rendre hommage au génie de son auteur.

Dans le fait , elle offre quelque chose de bien surprenant au premier aspect. On diroit que l'eau s'élève dans cette vis contre la loi



générale de la gravité , en dépit de son propre poids , qui la sollicite à tomber. Cependant , dès qu'on vient à considérer la position successive des hélices , on voit que ce sont autant de plans inclinés qui se succèdent dans la révolution de la machine , & que l'eau descend continuellement sur chacun de ces plans.

On le démontre à l'aide d'une semblable machine , dont les hélices sont creusées à jour , & sur lesquelles on fait mouvoir une boule de métal ou une bille d'ivoire.

Sans entrer dans de grands détails sur les machines composées dont on peut facilement calculer & estimer les avantages , en considérant ceux que doit leur procurer chacune des

machines simples qui entrent dans leur composition , nous nous arrêterons un moment à la considération de ces sortes de machines , à dessein de faciliter à nos lecteurs l'application du principe général que nous allons établir , & dans lequel ils trouveront le rapport que doivent avoir la puissance & la résistance pour se faire équilibre dans une machine composée.

## A P P E N D I C E :

### *Des Machines composées;*

Nous l'avons dit précédemment ; une machine composée n'est qu'un assemblage de plusieurs machines

simples ; elle doit donc réunir en elle tous les avantages de celles qui entrent dans sa composition , & le sien doit être égal au produit de tous les autres. L'expérience vient on ne peut mieux à l'appui de cette assertion ; mais nos Lecteurs préféreront sans doute un raisonnement qui les mettra à portée de calculer eux-mêmes l'avantage d'une machine composée , & je m'en tiendrai à cette démonstration sur un assemblage de plusieurs leviers.

Pour éviter toute complication de calcul , je suppose trois leviers du premier genre , parfaitement semblables entre eux , & dont les bras inégaux sont dans le rapport de 1 à 4. Je suppose encore que l'inégalité de

leurs bras est rachetée, & que, séparément pris, ils sont en équilibre entre eux, par le moyen des petites masses *a, a, a*, (*Planche 1, Fig. 5*), appliquées à l'extrémité du plus court de leurs bras.

Je suppose enfin qu'ils sont articulés entre eux de manière que l'extrémité *A* du plus long bras *AC*, du premier levier *AB*, dont le point d'appui est en *C*, est immédiatement au-dessous, & touche le plus court bras *DF* du second levier *DE*, dont le point d'appui est en *F*, & que l'extrémité *E* du plus long bras *FE* de celui-ci, repose sur le plus court bras *GI* du troisième levier *GH*, dont le point d'appui est en *I*.

Cette position connue, on conçoit que l'extrémité B du premier levier ne peut s'abaisser que l'extrémité H du troisième ne s'élève en sens contraire.

Cela posé, il est facile de démontrer que dans cet appareil, l'avantage de la puissance sur la résistance, est comme le produit de tous les avantages qu'elle tire séparément de chacun des leviers qui entrent dans la composition de celui-ci.

D'après la supposition donnée, cet avantage est comme 4 dans chacun d'eux pris séparément; puisqu'ils sont tous semblables, & que la longueur de leurs bras étant dans le rapport de 1 à 4, une puissance appliquée à l'extrémité du plus long bras de cha-

cun d'eux, qui équilibreroit une résistance comme 4, appliquée à l'extrémité de son autre bras.

Reste donc à démontrer maintenant que, par leur réunion, l'avantage est comme 64, produit des trois avantages 4, multipliés les uns par les autres, ou qu'une puissance  $P$ , égale à 1, agissant à l'extrémité  $H$  du plus long des bras du troisième levier, doit équilibrer une résistance  $Q$ , égale à 64, qui agit à l'extrémité  $B$  du plus court bras du premier levier.

Pour le démontrer il ne s'agit que de suivre, de leviers en leviers, la progression selon laquelle l'avantage de la puissance s'accroît. Or, pour cela je considère qu'en ne faisant usage

que du premier levier  $AB$ , il est constant, d'après le rapport connu de ses bras, qu'un poids de 16 livres, suspendu à l'extrémité  $A$  de ce levier, tiendrait en équilibre un poids de 64 livres suspendu à son extrémité opposée  $B$ ; puisqu'alors les masses feroient en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. La puissance appliquée en  $A$  n'auroit donc à contrebalancer ici que le quart de la résistance 64. D'où je conclus que l'extrémité  $D$  du second levier  $DE$ , s'appliquant en  $A$  sur le premier, elle n'est poussée de bas en haut qu'avec une force de 16 livres, lorsque l'extrémité  $B$  est chargée de 64.

Mais les bras du second levier  $DE$

font dans le même rapport de longueur que ceux du précédent. Par conséquent une puissance appliquée à l'extrémité E du second, n'a à soutenir & à contrebalancer que le quart de l'effort qui se fait sentir en D , & conséquemment la seizième partie de celui qu'éprouve l'extrémité B du premier levier. D'où je conclus qu'un poids P de 4 livres qui tendroit , à l'aide d'une poulie *b* , à soulever l'extrémité E du second levier D E , feroit en équilibre avec le poids Q de 64 livres.

En continuant le même raisonnement, il est évident que l'extrémité G du troisième levier G H , ne portant d'autre charge que celle qu'elle reçoit de l'extrémité E du



second, elle n'est chargée que d'un poids de 4 livres, ou de la seizième partie de la charge totale  $Q$ . Par conséquent, le même rapport de longueur subsistant entre les bras de ce levier, la puissance appliquée en  $H$ , n'a à soutenir que le quart de la charge qui se fait sentir en  $G$ , un poids d'une livre, suspendu en  $H$ , produira donc cet effet, & fera équilibre à un poids  $Q$  de 64 livres, suspendu à l'extrémité  $B$  du premier levier.

Il est donc évident que l'avantage de la puissance sur la résistance est égal, dans cette combinaison de leviers, au produit de tous les avantages dont elle jouit séparément dans chacun d'eux, & cet exemple suffit

pour nous apprendre à décomposer une machine, quelque composée qu'elle soit , & à calculer l'effet qu'elle doit produire. Je passe maintenant à la mécanique des liquides , qui n'est pas moins importante à connoître que celle des solides.



## CHAPITRE DIXIÈME.

*De la Méchanique des Liquides.*

On peut considérer les liquides de deux manières ; 1<sup>o</sup>. dans un état de stagnation , je veux dire , renfermés dans différens réservoirs isolés , ou communicant les uns aux autres ; 2<sup>o</sup>. comme coulant librement par des ouvertures faites à leurs réservoirs , ou par des canaux disposés de manière à ce qu'ils puissent jaillir , ou enfin dans des lits que la nature ou l'art leur a creusés.

Considérés sous le premier de ces deux rapports , ils appartiennent à une science qu'on appelle *hydrostatique*.

Sous le second , ils font du ressort de *l'hydraulique* ; deux sciences également intéressantes , & dont nous exposerons les principes dans les deux Sections suivantes.

## P R E M I È R E S E C T I O N.

### *De l'Hydrostatique.*

Douées d'une extrême ténuité , d'une ténuité inappréciable , les parties des liquides se touchent sans contracter d'adhérence , ou cette adhérence est si foible , qu'elles cèdent avec la plus grande facilité à leur séparation : il ne faut que leur propre poids pour les séparer les unes des autres.

Soumises à l'action de la pesanteur, qui maîtrise toutes les parties de l'univers matériel, elles pèsent les unes sur les autres, & tendent constamment à l'équilibre : elles pèsent encore sur le fond des vaisseaux qui les contiennent, & elles pressent en tous sens leurs parois, ainsi que les corps plongés dans leur sein.

Dans toutes ces circonstances elles suivent des loix constantes & invariables, & ces loix sont l'objet de l'hydrostatique que nous diviserons en cinq paragraphes. Le premier traitera de l'action des liquides en toutes sortes de sens ; le second, de leur pression sur le fond des vaisseaux qui les contiennent ; le troisième & le quatrième, de leur équilibre ; le

cinquième , de la pesanteur spécifique  
des liquides & des solides.

### §. I<sup>er</sup>.

*De l'action des liquides en toutes  
sortes de sens.*

On conçoit facilement qu'à raison  
de l'extrême mobilité de leurs parties,  
les liquides ne peuvent avoir comme  
les solides , dont les parties sont plus  
ou moins fortement unies entre elles ,  
un centre commun de gravité. Elles  
agissent donc toutes solitairement,  
toutes indépendamment les unes des  
autres , & en toutes sortes de sens.

L'expérience le prouve incontestable-  
ment, & personne , jusqu'à pré-

sent, ne leur a contesté cette manière d'agir ; mais ce qu'il importe de bien considérer à cet égard , c'est que cette action en tous sens n'est que l'effet de la pesanteur qui les porte à se mouvoir de haut en bas.

Je remplis d'eau ou de tout autre liquide un flacon dont le fond est percé d'une ouverture de quelque lignes de diamètre. J'ai soin , lorsque je le remplis , de tenir cette ouverture bouchée : si je la débouche ensuite , l'eau s'écoule , & je ne vois rien en cela qui me surprenne ; c'est l'effet naturel de la pesanteur qui la sollicite vers le centre des graves.

J'ouvre une autre ouverture pratiquée sur l'un des points de la hau-

teur de ce flacon ; la liqueur jaillit aussitôt, & continue à jaillir jusqu'à ce qu'elle se soit abaissée au niveau de cette ouverture. Je vois donc ici l'effet d'une pression latérale de la part de cette liqueur ; mais à la bien considérer cette pression, je vois qu'elle n'est que l'effet de la pesanteur qui presse la liqueur vers le fond du flacon, & voici comment j'explique ce phénomène.

Je conçois cette masse liquide comme divisée en une multitude de petites colonnes perpendiculaires au fond du vaisseau. Je considère outre cela chacune de ces colonnes comme composée de petits globules de différentes grosseurs, placés les uns au-dessus des autres, tous sup-



portans le poids de ceux qui sont au-dessus, & faisant supporter le leur à ceux qui sont au-dessous.

Or, tous ces globules ne peuvent être tellement alignés dans une même colonne, que leurs centres se correspondent parfaitement. Il y a donc de ces globules qui s'appuient non précisément sur ceux qui sont au-dessous, mais bien sur les petits espaces que laissent entre eux deux ou trois de ces globules contigus.

Ceux-ci, cédant à la pression qu'ils éprouvent, s'écartent, ou tendent à s'écarter de part & d'autre. De-là les files de globules, qui leur répondent dans le même plan, sont pressés & poussés vers les parois du vase, & si celui-ci est ouvert la-

téralement, rien ne s'opposant à l'effort latéral du fluide, il faut qu'il s'élance par cette ouverture, avec une force proportionnée à la pression de haut en bas, qui occasionne la pression latérale.

Aussi remarque-t-on constamment ici, que la distance à laquelle la liqueur jaillit diminue dans la même proportion que la hauteur du liquide au-dessus de l'ouverture, & conséquemment à mesure que la pression de haut en bas s'affoiblit.

J'explique de la même manière l'action des liquides de bas en haut. Elle n'est encore que l'effet de la gravité, ou de la pression de haut en bas. Commençons par nous assurer

du fait, l'explication en sera plus facile à saisir.

Je prends un tube de verre de deux à trois lignes de grosseur , ouvert à ses deux extrémités. Un tube de toute autre matière seroit également propre à cette expérience ; mais je préfère le verre , parce que sa transparence me permet de voir ce qui se passe dans son intérieur. Je bouche , avec le ponce , l'ouverture du haut , & en cet état , je le plonge dans une masse d'eau , ou de tout autre liquide. Je l'y enfonce aisément , à raison de la facilité avec laquelle les parties d'une liqueur se déplacent.

Je le retire ensuite , & je vois ses parois extérieures mouillées : sa

surface intérieure, je la trouve sèche, & j'en conclus que la colonne de liqueur, qui répondoit à son ouverture inférieure, s'est affaïffée sous lui, au lieu de s'introduire dans sa capacité, & conséquemment, qu'elle s'est portée & confondue dans les colonnes ambiantes.

Je réitère la même expérience avec la même précaution ; mais lorsque j'ai descendu ce tube à la profondeur à laquelle j'ai dessein de le porter, je retire mon pouce, qui fermoit son ouverture supérieure, & aussitôt je vois la colonne, qui répond à son orifice inférieur, s'élan-  
cer par cette ouverture, & s'élever dans le tube jusqu'au niveau de la masse liquide qui l'embrasse : or,

cet effet dépend de la pesanteur , je veux dire , de la pression de haut en bas des colonnes circonvoisines , & je le prouve.

Si je plongeois ce tube , ouvert à ses deux extrémités , dans une liqueur quelconque , son bord circulaire déplaceroit les parties de la liqueur sur lesquelles il reposeroit , & la colonne qui répondroit à son ouverture s'introduiroit dans son intérieur , & s'y tiendrait à la même hauteur que les colonnes extérieures qui l'envelopperoient ; jusque-là point d'effort de la part de ces dernières ; c'est le tube que je plonge qui va chercher & s'empare de la colonne dont il est rempli.

Mais si , au lieu de laisser ce tube

ouvert à ses deux extrémités , je bouche exactement son ouverture supérieure : au moment où je le plonge , l'air qu'il renferme , étant impénétrable , s'oppose à ce que la colonne qui se présente à son ouverture ne s'introduise dedans. Elle cède donc alors à la résistance insurmontable que cet air lui oppose , elle s'affaisse , elle reflue dans les colonnes collatérales , & le tube plongé reste vuide.

Tandis que les choses sont dans cet état , la colonne correspondante à l'ouverture du tube , plus courte que les collatérales , de toute la profondeur de l'immersion de ce tube , est pressée par ces dernières , & cette pression la sollicite à reprendre sa

hauteur naturelle , à se remettre de niveau avec elles. Si donc alors je débouche l'orifice supérieur du tube , & que je permette à l'air , dont il est rempli , de s'échapper par cette voie , la colonne pressée s'y élève de bas en haut ; en s'y élevant , elle pousse devant elle l'air qui lui faisoit obstacle , il s'évacue , & sur le champ cette colonne atteint à sa hauteur , au niveau des colonnes extérieures ; elle les presse autant qu'elle en est pressée , & elle se met en équilibre avec elles.

L'action que les fluides exercent de bas en haut n'est donc que l'effet de la pesanteur qui les pousse de haut en bas. Veut-on une démon-

tration plus frappante encore de cette importante vérité? la voici :

Soit un tube de verre A B C D ,  
 ( *Planche 2 , Fig. 6.* ) formant ,  
 par ses courbures , deux tubes com-  
 muniquans , A B & C D , ouverts  
 l'un en A & l'autre en D. Si après  
 avoir exactement bouché l'ouverture  
 A , je plonge la petite branche CD  
 dans une masse d'eau , jusqu'à ce  
 qu'elle en soit recouverte de quelques  
 pouces , les choses resteront en cet  
 état , nonobstant le poids de la  
 colonne d'eau qui se présente à  
 l'orifice D , & qui fait effort pour  
 se précipiter dans ce tube ; & cela  
 parce que l'air dont celui-ci est  
 rempli résiste invinciblement à cet  
 effort.



Si je débouche l'orifice A, alors la colonne d'eau surmontera cette résistance, se précipitera dans la branche D C, & l'air s'échappera par l'ouverture A. Arrivée au point C, si l'eau venoit à se geler, elle formeroit un cylindre solide, & ce cylindre n'ayant d'action que de haut en bas, quelque pression qu'il éprouvât d'ailleurs, s'opposeroit à ce que l'eau continuât à affluer dans cette branche; mais si elle demeure liquide, ses parties, extrêmement mobiles, céderont à la pression de l'eau qui continuera à descendre & à se précipiter par l'ouverture D.

Poussées de haut en bas par l'affluence d'une nouvelle quantité d'eau, elles glisseront latéralement, & vien-

dront remplir la branche horizontale C B , en poussant devant elles l'air que cette branche contient.

Continuant encore à céder à la force qui les pressera de haut en bas , à raison de l'effort que l'eau ne cessera de faire pour descendre de C en D , elles s'élèveront contre leur propre gravité de B vers A , jusqu'à ce qu'elles soient parvenues , dans le tube B A , au niveau des colonnes extérieures , & que la colonne élevée dans ce tube , soit en équilibre avec elles.

Voilà donc une action de bas en haut qui est manifestement l'effet d'une pression de haut en bas , & autant il est constant , qu'à raison de l'extrême mobilité & de l'indé-

pendance de leurs parties, les liquides exercent leur action en toutes sortes de sens, autant il l'est qu'ils ne font en cela qu'obéir à l'action de la pesanteur qui les maitrise, & les sollicite de haut en bas, vers le centre de la terre.

De ce que les liquides agissent & exercent leur pression en toutes sortes de sens, il s'ensuit nécessairement que tout corps plongé dans un liquide doit y éprouver une pression uniforme & en tous sens. En veut-on la preuve? la suivante est aussi simple que concluante.

Liez fortement autour d'un tube de verre, dont le bord soit garni d'une espèce de bourlet de même matière fondue à la lampe de.

l'émailleur , liez-y l'une des parties de la vessie d'une carpe ; remplissez cette vessie & une portion du tube d'une liqueur colorée , & marquez , avec un fil attaché sur le tube , la hauteur à laquelle cette liqueur y est élevée. Cela fait , plongez la vessie à une certaine profondeur dans une masse d'eau.

Pressée en tous sens par l'eau qui l'enveloppera , la vessie cédera sensiblement à cette pression , sa capacité diminuera , & vous verrez la liqueur s'élever dans le tube à une hauteur d'autant plus considérable, que l'immersion sera plus profonde.

Plus en effet elle sera profonde , plus les colonnes pressantes seront longues : plus celles-ci seront longues ,

plus elles auront de poids , & conséquemment plus leur pression augmentera sur la surface de la vessie.

Mais si , au lieu de communiquer avec un tube , cette vessie également bien remplie de liqueur étoit exactement liée à son col , & ensuite plongée dans une masse d'eau : uniformément pressée en tout sens , la liqueur qu'elle contiendrait réagiroit avec une force égale à celle qui la presseroit extérieurement , & la vessie ne pourroit se déformer , ni sa capacité diminuer.

Par cette raison , une vessie beaucoup plus petite , pareillement remplie de liqueur , & renfermée dans la première , que je suppose toujours pleine , & exactement liée à son col ,  
y feroit

seroit à l'abri de toute compression extérieure ; ce que le savant *Mussenbroeck* démontre par une expérience très-simple que voici :

Il renferme un œuf dans une vessie remplie d'eau. Il lie cette vessie de manière que l'eau ne puisse s'en échapper, & ensuite il soumet la vessie à une très-forte pression, sans qu'il arrive le moindre accident à l'œuf, quelque fragile qu'il soit.

Cette expérience qui ne paroît que surprenante, & faite pour amuser le loisir du spectateur, offre à notre célèbre physicien une application bien intéressante. Il y découvre un moyen précieux dont la nature sage & prévoyante se sert pour veiller à la sûreté

de l'enfant renfermé dans le sein de sa mère.

Contenu dans une espèce de sac membraneux rempli d'eau, ce sac représente la vessie dont il est ici question, & comme l'œuf de l'expérience que nous venons d'indiquer, l'enfant est à l'abri des différentes pressions des muscles du bas-ventre, & de celles auxquelles cette partie se trouve souvent exposée de la part des corps extérieurs.

Passons maintenant à une autre considération, à la pression que les liquides exercent sur le fond des vaisseaux qui les contiennent. Cette question très-importante en hydrostatique, fera la matière du paragraphe suivant.

## §. II.

*De la pression des liquides sur le  
fond de leurs vases.*

Une seule proposition générale satisfait à cette question, & cette proposition, la voici !

*La pression d'un liquide sur le fond  
d'un vase quelconque, est comme le  
produit de sa base par sa hauteur.*

Si on suppose qu'une masse liquide renfermée dans un vaisseau soit divisée en un nombre quelconque de colonnes, toutes perpendiculaires au fond de ce vaisseau, il est constant que la pression qu'elle exercera sur ce fond, sera égale à la somme des



pressions que chacune des colonnes lui fera supporter : or , cette somme est manifestement égale au produit de la base par la hauteur du liquide ; puisque l'étendue de cette base détermine le nombre des colonnes , & leur hauteur commune , la pression que chacune d'elles déploie contre la partie du fond qui lui répond.

D'où je conclus que cette pression est tout-à-fait indépendante de la forme & de la capacité des vaisseaux , qu'elle peut être , & qu'elle est effectivement la même sur le fond de plusieurs vaisseaux qui diffèrent en forme & en capacité , si chacun d'eux a exactement la même base , & si la hauteur du liquide au-dessus de la base est égale dans

tous. Le célèbre *Paschal* est parvenu à démontrer cette proposition à l'aide d'une machine fort ingénieuse qu'on a cependant perfectionnée après lui, & que nous avons décrite dans le premier volume de notre ouvrage intitulé : *Description & usage d'un Cabinet de Physique.*

Pour donner une idée suffisante de cette admirable machine & de l'effet qu'elle produit, nous dirons qu'elle est composée de plusieurs vaisseaux de forme & de capacité différentes; que ces vaisseaux se montent successivement sur un cylindre creux de cuivre, dans lequel glisse librement un piston de métal, qui sert de fond à chacun d'eux.

Ce fond commun s'accroche à un

fil de métal suspendu à une double corde , dont chaque bout s'attache de droite & de gauche aux deux plus courts bras de deux balances romaines , dont les deux autres bras portent les poids nécessaires pour faire monter le piston , lorsque le vaisseau , auquel il sert de fond , est rempli d'eau jusqu'à une hauteur fixe & déterminée sur la queue ou sur le fil de métal qui tient à ce piston.

Or , quelque différence qu'il y ait dans la forme & la capacité des vaisseaux , l'expérience démontre qu'il faut employer les mêmes poids pour faire monter le piston. La base est donc également chargée dans toutes ces circonstances , & il demeure constant que la pression d'un liquide sur le

fond d'un vaisseau quelconque ne dépend que de la base & de la hauteur, & qu'elle est égale au produit de la base par la hauteur perpendiculaire du liquide au-dessus de cette base.

Peut-être aura-t-on peine à accueillir cette proposition, & penchera-t-on à la regarder comme un paradoxe, lorsqu'on considérera les vaisseaux représentés (*Planche 2, Fig. 1*). On verra bien que la base ou le fond du second  $CD$ , ne porte immédiatement que la colonne  $abcd$ , parfaitement égale à la totalité de l'eau qui repose & agit sur le fond du premier  $AB$ ; mais on demandera sans doute si les colonnes collatérales qui embrassent la colonne  $abcd$ , dans le second, n'ajoutent

rien à la pression de celle-ci contre le fond ? En considérant, en effet, que l'action de ces colonnes obliquement appuyées sur les parois du vaisseau, se décompose, & qu'une partie de cette action s'exerce contre la colonne du milieu, il est naturel de demander si elle ne sert point à augmenter l'effort que fait celle-ci contre le fond du vaisseau ?

Cette difficulté, si c'en est une, paroîtra encore plus grande par rapport au troisième vaisseau E F, & pour la mettre dans tout son jour, je supposerai que les deux masses d'eau renfermées dans le premier vaisseau A B, & dans le troisième E F, soient divisées en un certain nombre de colonnes de même dia-

mètre. Le nombre fera nécessairement égal de part & d'autre, puisque les deux bases sont égales. Il y aura donc le même nombre de colonnes perpendiculaires sur chacun des fonds de ces deux vaisseaux.

Mais il s'en faudra de beaucoup que chaque colonne contenue dans le vaisseau EF, soit de même hauteur que chacune de celles qui seront renfermées dans le vaisseau AB. La forme de ce vaisseau ne permet pas d'en douter : or, comme la pression d'un liquide dépend de sa hauteur, il paroît naturel de conclure, qu'à l'exception de la colonne *ab*, dans le vaisseau EF, chacune des autres ne presse point aussi fortement la partie du fond sur laquelle elle

s'appuie , que chaque colonne correspondante , dans le vaisseau *AB* , presse la sienne , & conséquemment la règle générale se trouve en défaut , au moins par rapport au vaisseau *EF*.

Ces difficultés , comme bien d'autres , dont les écoles retentissent journellement , sont plus spécieuses que solides ; elles s'évanouissent au plus léger examen.

Et d'abord , il est on ne peut plus facile de démontrer que l'action des colonnes collatérales , qui enveloppent la colonne perpendiculaire *abcd* , dans le vaisseau *CD* , n'ajoute rien à la pression de cette colonne sur la base.

Je conviens que chacune de ces

colonnes s'appuyant obliquement sur les parois inclinées du vaisseau , son action , comme toute action oblique , se décompose en deux , l'une perpendiculaire , l'autre parallèle à l'horison. De ces deux actions j'en vois une , la perpendiculaire entièrement détruite par la résistance des parois.

Il ne subsiste donc que celle qui est parallèle à l'horison , & celle-ci se dirige effectivement sur la colonne *abcd* , mais en se dirigeant sur elle , elle n'ajoute rien à sa pression contre le fond du vaisseau , & pourquoi ? parce que cette action parallèle est éliée & détruite par une pareille action , qui vient d'une semblable colonne diamétralement opposée ,



telle que la colonne *ef*, par rapport à la colonne *gh*.

Que résulte-t-il donc de là? le voici : les actions réunies de toutes les colonnes collatérales produisent, relativement à la colonne du milieu *abcd*, le même effet que produiroit un vaisseau qui la renfermeroit : or, comme ce vaisseau ne feroit que la contenir sans rien ajouter à sa pression, ou à son action sur la base, de même les colonnes collatérales qui l'enveloppent, n'ajoutent rien à cette pression.

Reste à expliquer maintenant comment la pression doit être la même sur le fond du vaisseau *EF* que sur celui du vaisseau *AB*, & cette explication

cation fera on ne peut plus facile à suivre.

Point de difficulté pour le nombre des colonnes qui s'appuient sur les deux bases : il est le même dans l'un & dans l'autre vase, dont les bases sont égales, & sur cela on est absolument d'accord.

On convient également que la colonne  $ab$  du vaisseau  $EF$ , exerce sur la partie du fond qui lui répond, une pression égale à celle que chaque colonne semblable du vaisseau  $AB$  exerce sur chaque portion correspondante du sien ; puisqu'elle leur est égale en hauteur. Il suffit donc de prouver que les petites colonnes, telles que  $cd$  &  $ef$ , renfermées dans le vaisseau conique, pressent aussi

fortement les parties du fond qui les portent, qu'elles les presseroient si elles étoient aussi longues que la colonne  $ab$  du milieu, & cette vérité sera hors de doute, si on fait ici l'application d'un principe démontré ci dessus.

Nous avons en effet démontré précédemment que la pression des fluides se distribue uniformément en toutes sortes de sens. Nous devons donc en conclure que la pression de la colonne  $ab$ , dans le vaisseau  $EF$ , se distribue uniformément & sur la partie du fond qui la soutient, & sur les petites colonnes  $cd$  &  $ef$  qui l'enveloppent.

Or, cette pression qu'elles éprouvent de la part de la colonne  $ab$ , tend à

les élever à une hauteur égale à la sienne, & dans le fait elles y atteindroient , si la forme du vase leur permettoit de s'élever à cette hauteur. Elles font donc un effort continuél pour y atteindre ; mais cet effort devient inutile par la résistance insurmontable qu'elles éprouvent aux points *c* & *e* , de la part des parois du vaisseau *E F*, & cette résistance les retient dans un degré de tension égal à l'effort qu'elles font contre ces points.

Elles réagissent donc , contre les parties du fond qui les portent , avec une force égale à celle avec laquelle elles tendent à s'élever , & conséquemment elles les pressent aussi fortement qu'elles les presseroient ,

si leur hauteur étoit égale à celle de la colonne  $a b$ .

Il y a donc dans le vaisseau  $E F$ , autant de colonnes qui s'appuient sur son fond, que dans le vaisseau cylindrique  $A B$ , & chacune d'elles déploie, sur la partie du fond qui la porte, la même pression que chacune des colonnes renfermées dans le vaisseau cylindrique  $A B$  déploie sur la partie correspondante de son fond. D'où je conclus que la pression est la même sur le fond de ces deux vaisseaux.

Plus de difficulté maintenant contre la proposition générale établie ci-dessus & je répète que la pression des liquides sur le fond des vaisseaux qui les contiennent ne dépend

que de leur base & de leur hauteur, nullement de leur forme & de leur capacité. Parlons maintenant de l'équilibre des liqueurs.

Jusqu'à présent nous avons fait abstraction de la densité des liquides. Bien que cette densité varie en plus & en moins, & presque individuellement, nous ne l'avons point fait entrer en considération, parce que les loix dont il a été question sont générales pour toute espèce de liqueur quelconque.

Quelque différence, en effet, qui se trouve dans la densité d'une liqueur, son action se déploie en toutes sortes de sens, & sa pression, sur le fond du vaisseau qui la renferme, est constamment en raison composée,

ou comme le produit de sa base par sa hauteur au-dessus de cette base.

A la vérité , lorsqu'un vaisseau contient des liquides de différentes densités, placés les uns au-dessus des autres, on ne peut estimer exactement leur pression sur la base , qu'autant qu'on a égard à la densité particulière de chacun d'eux.

Une colonne , par exemple , composée de mercure & d'eau, pèse évidemment plus qu'une semblable colonne d'eau , à raison de la quantité de mercure qu'elle contient, & qui , à volume égal, pèse près de quatorze fois davantage que l'eau : mais cette considération se présente si naturellement à l'esprit, que nous

n'avons pas imaginé qu'il fût nécessaire d'en parler.

Cette abstraction de notre part ne peut donc induire personne en erreur ; mais il n'en seroit pas ainsi dans la circonstance actuelle ; parce que les liqueurs de même densité , & celles de densité différente , ont chacune leur loi spéciale d'équilibre. Nous ne parlerons dans le Paragraphe suivant que des liqueurs de la première espèce , qu'on appelle communément en Physique , liqueurs homogènes.

### §. I I I.

*De l'Equilibre des liqueurs homogènes  
ou de même densité.*

Il peut se faire que des liqueurs



de cette espèce soient contenues dans un même vaisseau , ou dans plusieurs vaisseaux , qui communiquent entre eux.

Dans le premier cas , leur surface est constamment de niveau ; aucune colonne n'est plus élevée qu'une autre. Dans la supposition contraire , la portion qui excéderoit la hauteur commune n'étant point soutenue , s'épancheroit sur les autres , & bientôt le niveau seroit rétabli.

C'est ce qui arrive lorsqu'on transporte ou qu'on agite un vaisseau qui renferme une liqueur. L'agitation qu'on lui communique déplace quelques colonnes qui s'élèvent au-dessus du niveau ; mais elles retombent

aussitôt, & après s'être balancées, elles reprennent leur première situation.

Il en est de même de l'eau qui coule dans le lit d'une rivière. Les inégalités du terrain occasionnent des ondes qui disparaissent lorsqu'elle coule sur un sable bien uni : alors sa surface est plane, tous ses points sont rangés dans le même plan, & toutes les colonnes, qui composent sa masse, sont en équilibre entre elles. Le vent vient-il à souffler, l'équilibre est rompu, il se forme des vagues plus ou moins sensibles qui retombent sur elles-mêmes, & lorsque le calme renaît la surface de l'eau reprend son niveau, elle redevient plane.

Quand je dis que cette surface est plane, je parle d'après le témoignage de mon œil , qui n'embrasse qu'une petite étendue de cette surface, & qui ne peut me découvrir sa convexité ; car elle est réellement convexe ; puisqu'elle se moule , pour ainsi dire, sur la surface du globe qui est convexe.

Les marins , & généralement tous ceux qui ont voyagé sur mer , sont bien persuadés de cette vérité. Ils savent tous , qu'en approchant d'une ville , on commence par découvrir le haut des édifices , les toits des maisons : que ce n'est qu'à mesure qu'on approche du rivage qu'on parvient insensiblement à voir les rez-de-chaussées, & cela , parce que

la convexité de la mer dérobe , pendant quelque temps , les rayons qui viennent du pied des maisons , & généralement de tout ce qui avoisine la surface de la terre.

Malgré cela cependant , lorsque la mer est calme , sa surface n'en n'est pas moins de niveau , je veux dire que les colonnes qui la composent sont toutes également éloignées du centre de la terre , & c'est de ce centre qu'il faut mesurer leur hauteur perpendiculaire.

J'observe que la même loi a lieu lorsque les liqueurs sont renfermées dans des vaisseaux qui communiquent entre eux. Je verse de l'eau , ou toute autre espèce de liqueur , par l'ouverture A d'un tube courbé

A B C, (*Planche 2, Fig. 2*), dont les deux branches sont parallèles & de même grosseur; la liqueur se précipite dans ce tube jusqu'en B. Arrivée à ce point, elle s'élève progressivement dans la branche B C, jusqu'à ce qu'elle y soit parvenue à la même hauteur à laquelle elle se fixe dans l'autre, supposons *a d*.

En cela, je ne vois rien qui me surprenne : les deux colonnes *a B* & *B d* ont une base commune B o. Il faut donc que leur hauteur perpendiculaire soit la même des deux côtés, pour que la base soit également pressée de part & d'autre, & que ces colonnes soient en équilibre.

J'observerois le même phénomène,

si l'une des branches de ce tube, supposons A B (*Planche 2, Fig. 3*), étoit plus grosse que l'autre B C, quelqu'excès qu'il y eût dans sa grosseur. Et pourquoi? parce que dans la masse d'eau qui seroit renfermée dans le gros tube, ou dans le grand vaisseau, il n'y auroit qu'une seule colonne, celle qui se présenteroit à la commissure *a* des deux tubes, qui agiroit contre celle qui s'éleveroit dans le tube B C; les autres seroient appuyées sur le fond du vaisseau: or, ces deux colonnes, ayant une base commune en *a*, il faudroit nécessairement qu'elles eussent la même hauteur au-dessus de cette base, pour se faire équilibre.

En supposant que le tube B C , au lieu d'être vertical & parallèle au vaisseau A B , fût incliné à l'horizon , ou même qu'il fût courbé en différens sens dans sa longueur , le même phénomène auroit encore lieu , & l'expérience le démontre.. L'eau s'éleveroit dans ce [tube au niveau de celle qui seroit contenue dans le grand vaisseau.

Il y auroit sans doute une colonne plus longue dans le tube incliné , ou dans celui qui affecteroit plusieurs courbures ; mais cette colonne étant soutenue en partie par l'inclinaison , ou par les différens points de la courbure du tube , elle n'agiroit qu'à raison de sa hauteur perpendiculaire contre celle qui commu-

niqueroit avec elle par sa base commune, & conséquemment leur hauteur seroit égale de part & d'autre.

C'est donc une loi générale de la nature que les liqueurs de même densité s'élèvent à la même hauteur, pour se mettre en équilibre, dans toute espèce quelconque de vaisseaux communiquans, & cette loi ne souffre qu'une seule exception, dont nous parlerons dans un moment.

C'est en vertu de cette loi qu'il arrive que l'eau d'une rivière, d'un lac, d'un étang, & généralement toute eau ramassée dans un bassin, venant à se filtrer par son propre poids, dans des canaux qui la reçoivent, ou qu'elle se creuse



insensiblement , elle les parcourt sous terre jusqu'à des distances qu'on ne peut assigner , & on la voit ensuite se reproduire au dehors , & former une pièce d'eau , souvent même un ruisseau.

On trouve quelquefois des bassins pleins d'eau sur la croupe , & même sur le sommet de plusieurs montagnes fort élevées. Je ne vois rien en cela de merveilleux. Ces eaux tirent leur origine , & elles ont leurs réservoirs sur d'autres montagnes plus élevées encore , & malgré l'immense distance qui les en sépare , elles pourroient venir de plus loin , si les canaux qui les apportent étoient prolongés. Il suffit que l'endroit où

elles abordent soit un peu au-dessous de celui d'où elles partent.

Jamais , en effet , elles ne viendront naturellement d'un endroit plus bas dans un endroit plus élevé ; mais partant d'une hauteur donnée , elles parviendront toujours à la même hauteur , si elles trouvent des canaux convenablement disposés pour les conduire.

Ici l'art. peut suppléer à la nature par des canaux factices , & bien qu'on soit obligé de les enfouir , de les cacher sous terre , souvent même à de très-grandes profondeurs , pour se prêter à la disposition irrégulière du terrain , n'importe : après s'être précipitées dans ces canaux , elles remontent & elles s'élèvent

au niveau du réservoir qui les fournit.

On en a des preuves journalières à Paris , à Londres , & en quantité de grandes villes. On y voit des robinets qui fournissent de l'eau jusqu'aux étages supérieurs de plusieurs maisons. Les canaux qui l'amènent sont cachés sous les pavés des rues ; mais ils s'abouchent avec un réservoir plus élevé , ou au moins aussi élevé que les endroits où elle se distribue.

Je ne parlerai point des dimensions qu'il faut donner à ces canaux ; elles doivent être proportionnées à la longueur de l'espace qu'ils ont à parcourir ; je ne parlerai point de la pente qu'ils doivent avoir , qui

est ordinairement d'une demi-ligne par toise , afin que l'eau puisse surmonter le frottement qu'elle éprouve en les parcourant ; je ne parlerai point non plus des *cavaliers* qu'on est obligé de mettre sur leurs courbures , pour donner issue à l'air qui s'y engorge. Quelqu'importantes qu'elles soient , ces considérations ne regardent que les fontainiers.

Je dirai seulement qu'à l'aide des tuyaux de conduite, convenablement disposés , on peut porter l'eau à des distances qui n'ont point de bornes , & l'amener à la hauteur du réservoir dont on la tire.

Cet avantage est dû à cette loi générale d'hydrostatique que nous venons de faire connoître , à cette

! Qu'entend-t-on par des vaisseaux capillaires? en quoi consiste l'exception qu'ils nous font observer, relativement à l'équilibre des liqueurs homogènes, & quelle est la cause de cette exception? ce sont trois questions qui méritent de trouver ici leur place, & auxquelles nous allons répondre dans l'Appendice suivant.

## A P P E N D I C E.

### *Des Vaisseaux Capillaires.*

On appelle vaisseau capillaire, en Physique, tout vaisseau dont la capacité est extrêmement petite, & quelquefois si petite qu'on peut

à peine y introduire un cheveu, en latin *capillus*, dont on a fait le mot *capillaire*. Les vaisseaux qui distribuent la sève dans les plantes, la majeure partie des vaisseaux du corps humain, & la plâpart de ceux des animaux sont de ce genre, ils sont d'une ténuité extrême.

En les citant pour exemple, notre dessein n'est point d'examiner si l'on observe en eux, comme plusieurs le prétendent, les phénomènes dont il est ici question; si la loi qui régit la marche des liqueurs dans les vaisseaux capillaires en général, s'étend sur le système capillaire des animaux.

Cette question cependant seroit  
on ne peut plus curieuse à traiter,

& nous la traiterions volontiers ; mais elle appartient à la physique du corps humain , & nous nous sommes imposés la loi de ne point excéder les bornes de notre mission. Nous nous garderons donc de fonder ici les profondeurs de l'économie animale , & si nous avons cité cet exemple , c'est pour donner une idée plus facile à saisir du calibre des vaisseaux capillaires , parce que personne n'ignore que la plupart de ceux qui rampent sur l'habitude du corps de l'homme ou des animaux , & particulièrement ceux qui composent les glandes , ou qui se distribuent dans les viscères , sont plus petits que des cheveux.

Nous nous interdirons également

toute considération sur le mécanisme qui fait circuler la sève dans les plantes, & la distribue jusqu'au sommet des plus grands arbres ; cette question viendrait cependant bien ici , puisque plusieurs Physiciens font dépendre cette fonction du mécanisme des tubes capillaires ; mais nous laissons à celui qui s'est chargé d'expliquer l'économie végétale le soin de répondre à cette question , & de nous indiquer l'usage de ces valvules admirables distribuées avec profusion dans la longueur des vaisseaux séveux.

Laisant donc de côté tous les vaisseaux organiques quelconques , nous ne parlerons que de ceux qui sont fabriqués des mains de l'homme ,

&



& quoique tous nous fassent observer les mêmes phénomènes, nous préférons des tubes de verre, parce que leur transparence nous permettra de voir ce qui se passera dans leur intérieur.

Mais quel doit être le diamètre de ces tubes, pour être propres aux effets que nous nous proposons de faire connoître ? c'est ce qu'on ne peut déterminer exactement. Cependant nous ne craignons point d'affirmer que depuis le plus petit diamètre qu'on puisse leur donner, jusqu'à trois ou à quatre lignes, peut être même davantage, dans quelques-uns, ces phénomènes se font observer ; ce qui dépend probablement de la qualité du verre. A coup sûr, un

tube de cette matière sera capillaire , ou fera les fonctions d'un tube capillaire , si son diamètre n'excède point une ligne.

Or , quels sont les phénomènes qui se présentent ici , & qui dérogent à la loi générale de l'équilibre des liqueurs homogènes ? Pour les présenter avec ordre , j'en fais deux classes particulières.

Je comprends dans la première toute liqueur quelconque , à quelque règne de la nature qu'elle appartienne , à l'exception du *mercure* , qui fait bande à part , & que je réserve pour les phénomènes de la seconde classe.

Et d'abord je m'arrête à ceux de la première , & je suppose deux vais-

seaux A B & B C, ( *Planche 2, Fig. 4* ), qui communiquent entre eux; le premier A B, de huit à neuf lignes & plus, si on le veut, de diamètre; le second B C, d'une ligne seulement, ou environ.

Si je verse dans le premier une liqueur quelconque, de l'eau, du vin, de l'huile, du lait, &c. Cette liqueur passera dans le second, & s'y élèvera au-dessus du niveau *ab* de celle qui sera contenue dans le premier, supposons jusqu'à *cd*.

Non - seulement les liqueurs que je viens de nommer, mais toutes les autres, que je ne nomme point pour abrégér, nous offrent le même phénomène, avec cette différence qu'elles ne s'élèvent point toutes à

la même hauteur au - dessus du niveau.

Mais ce qui paroîtra peut-être étonnant , c'est que les liqueurs aqueuses s'élèvent plus haut que les liqueurs spiritueuses. J'ai trouvé souvent moitié de différence dans leur élévation , en comparant ensemble de l'eau & de l'esprit de vin , l'une & l'autre colorés , afin de saisir plus facilement leur hauteur.

Un autre phénomène encore , & qui mérite toute l'attention du Physicien ; c'est que toute espèce de liqueur s'élève d'autant plus haut au-dessus du niveau , que le vaisseau dans lequel elle s'élève est plus capillaire , ou d'un plus petit diamètre ; & si l'on compare la hau-

teur à laquelle elle s'élève dans différens tubes, on la trouvera constamment en raison inverse du diamètre de ces tubes; je veux dire qu'elle s'élève une fois plus haut dans un tube dont le diamètre est une fois plus petit.

Pour répéter ces fortes d'expériences, observer ces phénomènes, il n'est pas nécessaire de se servir de tubes communiquans semblables à celui qui est représenté par la *Fig. 4*: de simples tubes de verre d'un très-petit diamètre suffisent, pourvu qu'ils soient bien nets intérieurement.

Ouverts à chaque bout, on les plonge dans un verre rempli en partie d'une liqueur colorée. Le verre

fait fonction de tube communiquant, & on voit la liqueur s'élever dans le tube plongé au-dessus du niveau de celle que le verre contient.

Il suffit encore au succès de ces fortes d'expériences, que le bord du tube repose, ou qu'il lèche, pour ainsi dire, la surface de la liqueur. Elle s'y élève alors à la même hauteur à laquelle elle parviendrait s'il étoit plongé; & si au lieu d'un verre on se servoit d'un cylindre très-long, pour qu'on pût y plonger le tube à des profondeurs très-différentes les unes des autres, & que ce tube fût exactement de même calibre intérieurement, on observeroit constamment la liqueur à la même hauteur au-dessus du niveau

dans toutes les immersions possibles.

Mais voici un dernier phénomène auquel je m'arrête, & avec d'autant plus de complaisance, qu'il me met sur la voie de découvrir la véritable cause de tous ces effets.

Je prends un tube de verre, & toujours d'un très-petit diamètre, je le plonge à une profondeur quelconque dans une masse de liqueur colorée, & à l'aide d'un fil que j'attache dessus, & que je puis faire glisser à volonté sur sa longueur, je m'assure de la profondeur de son immersion, en fixant ce fil au niveau de la surface de la liqueur : cela fait, j'en attache un second sur le même tube, & celui-ci me sert à marquer la hauteur à laquelle la liqueur

s'élève au-dessus du premier, & conséquemment du niveau.

Cette observation faite, j'enlève le tube, & je le retire lentement de la liqueur dans laquelle il est plongé; à proportion que je le retire, la colonne qu'il renferme descend & se précipite: jusque-là je ne vois rien qui me surprenne. Il est naturel qu'une colonne de liqueur qui cesse d'être soutenue, cède à la pesanteur, & se précipite; mais ce qui me surprend ensuite, c'est de voir une portion de cette colonne demeurer suspendue au bas du tube, lorsqu'il est entièrement hors du vaisseau quoique je le tiens dans une situation verticale; & ce qui ajoute encore à ma surprise, c'est



de voir que cette portion de liqueur est précisément égale en hauteur à celle qui s'étoit élevée au-dessus du niveau , tandis que le tube étoit plongé.

Les phénomènes de la seconde classe , ceux qui concernent le mercure , ne me surprennent pas moins ; les voici : mais pour les répéter il faut nécessairement se servir de tubes communiquans , tels que celui qui est représenté *Fig. 4*.

Je verse donc du mercure dans le gros tube A B , (*Planche 2 , Fig 4*) , & j'en verse jusqu'à ce que ce tube en soit rempli à une hauteur remarquable , supposons *a b* , alors je vois que ce fluide a passé dans le tube capillaire communi-

quant B C , mais au lieu de s'y être élevé au - dessus du niveau , comme précédemment , il n'est pas même parvenu jusqu'à cette hauteur , il demeure suspendu au-dessous , supposons en *e*.

Je répète la même expérience avec d'autres tubes communiquans , mais dont le tube capillaire est d'un plus petit diamètre que le précédent , & j'observe le même phénomène , avec cette différence que la colonne de mercure est encore plus courte , & demeure suspendue plus bas au-dessous du niveau.

Je mesure exactement , & je compare ensemble les diamètres des deux tubes capillaires , & je vois que les hauteurs des deux colonnes de mercure

qui s'y font élevées , ont un rapport constant avec ces diamètres ; que la colonne est une fois plus basse au-dessous du niveau , dans celui dont le diamètre est une fois plus petit.

De quelque côté que je promène mes regards , j'observe des phénomènes de ce genre : par-tout où je trouve des espaces capillaires , par-tout je vois toute espèce de liqueur , à l'exception du mercure , s'élever au-dessus du niveau , & j'observe que ni la forme de ces espaces , ni la qualité de la matière entre les parties de laquelle ils se trouvent, n'entrent pour rien dans leur production.

Si je considère la disposition des

grains qui forment un monceau de sable, je vois qu'ils laissent entre eux une multitude prodigieuse d'espaces capillaires, & je vois l'eau qui le baigne par le pied, s'élever à travers sa masse, & l'humecter entièrement.

Si je fais plonger l'un des bouts d'une mèche de coton dans un vaisseau qui contient une liqueur, & qu'ayant replié la mèche par-dessus le bord du vaisseau, je laisse pendre l'autre bout, c'en est assez pour que la liqueur se filtre; elle s'élève donc entre les brins qui forment la mèche, & qui laissent entre eux des espaces capillaires, elle passe par-dessus le bord du vaisseau, & elle tombe par son propre

propre poids dans un autre qui la recoit.

Je ne finirois pas si je voulois rapporter tous les exemples de ces fortes de phénomènes qui se présentent sous ma plume. Je passe à leur explication, ou à l'examen de la cause qui les produit.

C'est ici que l'imagination de l'homme s'est mise à la torture pour arracher à la nature un secret qu'elle semble vouloir lui cacher ; c'est ici que l'esprit s'est particulièrement exercé ; mais qu'a-t-il inventé jusqu'à présent ? des systèmes, & c'est tout.

Loin de nous cette foule d'hypothèses qui n'ont besoin que d'être

exposées pour être suffisamment réfutées. Cependant il faut en convenir, il en est trois qui méritent d'être connues; les deux premières, parce qu'elles sont on ne peut plus ingénieuses & très-mécaniques; la troisième, parce qu'elle nous montre effectivement la véritable cause des phénomènes dont il est ici question; mais cette cause, elle nous la montre enveloppée de ténèbres si épaisses, qu'il n'est point encore possible d'en saisir le véritable mécanisme.

S'il ne faut cependant, pour dissiper ces ténèbres, qu'une pénétration vive, beaucoup de clarté dans les idées, de justesse dans le raisonnement, qui mieux que les

Dames, auxquelles nous consacrons cet Ouvrage, sera capable de remplir cette tâche ?

On suppose, dans la première hypothèse, que l'air ne presse point aussi fortement une colonne de liqueur élevée dans un tube capillaire B C, (*Planchs 2, Fig. 4*), que la colonne correspondante  $p o$ , dans le vaisseau A B, d'une capacité beaucoup plus grande ; & pourquoi ? parce que, dit-on, les molécules de l'air, quelque figure qu'on leur suppose, sont nécessairement gênées, embarrassées, & à leur entrée, & dans l'intérieur d'un tube aussi étroit que le tube B C, tandis qu'elles n'éprouvent aucune difficulté à se jeter, & à agir dans un vaisseau d'une plus

grande capacité. Ce principe une fois admis , voici de quelle manière on explique les phénomènes en question.

Il ne peut y avoir équilibre entre deux colonnes de liqueur qui ont une base commune , qu'autant que la pression sur cette base sera égale de part & d'autre : or, cette pression dépend , & du poids de la colonne de liqueur élevée de chaque côté sur cette base , & de celui de l'air extérieur , qui s'appuie sur chacune de ces colonnes.

Mais , dans l'hypothèse actuelle , le poids de l'air se fait moins sentir sur la colonne élevée dans le tube capillaire B C , que sur la correspondante  $p o$  , dans le vaisseau A B.



La pression sur la base commune *o*, ne pourra donc être égale des deux côtés, qu'autant que la première de ces colonnes aura acquis plus de hauteur que la seconde, & que son excès d'élévation, dans le tube *BC*, compensera ce qui manque à la pression de l'air sur elle.

D'après le même principe on explique aussi facilement pourquoi une liqueur s'élève davantage au-dessus du niveau dans un tube capillaire d'un plus petit diamètre. L'air, dit-on, éprouve d'autant plus de difficulté à s'y introduire que son diamètre est plus petit : or, plus cette difficulté est grande, plus il consomme de sa force pour s'y introduire, & moins conséquemment

il lui en reste pour agir sur la colonne qu'il y rencontre , & sur laquelle il s'appuie.

Cette colonne presse donc proportionnellement moins sa base , & conséquemment elle doit s'élever d'avantage au-dessus du niveau , afin que son excès de hauteur lui procure le poids qui lui manque , & qu'elle soit en équilibre avec sa correspondante.

On ne peut , sans contredit , donner une explication plus simple , ni plus mécanique en même-temps de l'ascension des liqueurs au-dessus du niveau dans des tubes capillaires , & cette explication s'applique , on ne peut mieux , à ces mêmes phénomènes , lorsqu'au lieu de tubes com-

muniquans on se fert d'un simple tube ouvert à ses extrémités, & qu'on le plonge dans une masse de liqueur.

Alors les colonnes ambiantes & extérieures sont, dit-on, plus pressées de la part de l'air qui s'appuie librement sur elles, que ne l'est celle qui s'élève dans l'intérieur du tube capillaire, & qui communique avec elles. Chacune de celles-ci presse donc plus fortement le fond du vaisseau, qu'il n'est pressé par la colonne renfermée dans le tube.

Or, il ne peut y avoir équilibre entre cette dernière & les autres, qu'autant qu'elles pressent toutes également le fond de ce vaisseau. Il faut donc que celle qui se trouve

renfermée dans le tube capillaire soit plus longue, plus élevée que les colonnes extérieures, & qu'elle le soit d'autant plus qu'elle est moins pressée par l'air.

Dans ce système, & dans tous ceux du même genre, on voit deux causes qui se réunissent pour élever une liqueur au-dessus du niveau dans un tube capillaire. La première de ces causes, je l'appelle *éloignée*, & c'est ici l'inégalité de la pression de l'air; la seconde qui l'accompagne, je la nomme *immédiate*; c'est la prépondérance ou de la colonne correspondante dans un tube communiquant, ou des colonnes extérieures & ambiantes, lorsqu'on plonge un

tube capillaire dans une masse de liqueur.

Je n'examinerai point si la première de ces deux causes est une cause réelle & admissible , s'il est aussi vrai qu'il paroît douteux que la pression de l'air ne se fasse point aussi-bien sentir dans l'intérieur d'un tube capillaire que dans un vaisseau d'une plus grande capacité : cet examen me jetteroit dans un embarras d'où il me seroit difficile, pour ne pas dire impossible, de sortir.

On conçoit, en effet, que pour prononcer avec connoissance de cause sur la difficulté avec laquelle on prétend que l'air pénètre par une très-petite ouverture, & agit dans

l'intérieur d'un tube capillaire , il faudroit connoître la forme , la figure de ses molécules constituantes. Or , je le demande , quel est celui qui peut se flatter d'avoir acquis cette connoissance ?

Si à ce défaut, on imagine qu'on puisse s'en rapporter aux faits , à ce que l'expérience nous dit de cette difficulté , je pense qu'on ne se trouvera pas moins embarrassé , lorsqu'on verra plusieurs expériences qui l'attestent , & d'autres qui la réfutent. Je n'en citerai que deux , & elles feront assez concluantes pour nous prouver qu'on ne peut prendre définitivement aucun parti à cet égard.

On ne peut évacuer aussi exac-

tement qu'on le fait ordinairement , l'air renfermé sous le récipient d'une machine pneumatique , lorsque le canal qui le conduit de ce récipient dans la pompe , est plus étroit que de coutume , lorsqu'il a moins de deux fortes lignes de diamètre. C'est un fait connu depuis long-temps , & que j'ai eu occasion de vérifier plus d'une fois. L'air passeroit-il donc plus difficilement par un canal étroit que par un autre qui seroit plus large ? Si on étoit tenté de le croire , l'expérience suivante s'y opposeroit absolument.

La colonne de mercure se soutient à la même hauteur , & suit exactement les mêmes variations dans un baromètre dont la cuvette se ter-

mine par un canal capillaire , & dans un autre très-large. L'air agit donc aussi-bien par un petit canal que par un grand.

A quoi donc se déterminer ici ? le voici : à laisser de côté l'examen de la cause première qu'on met en jeu , dans cette hypothèse , & à prouver simplement qu'en l'admettant, elle ne répond point aux effets qu'on se propose d'expliquer. C'est le parti que nous allons prendre.

Si donc l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, dans un tube capillaire, vient de l'inégalité de la pression de l'air, pourquoi cette même cause, agissant sur du mercure , & dans les mêmes circonstances , ne



produit-elle point le même effet , au moins avec une moindre intensité ? pourquoi le mercure ne s'élève-t-il pas même jusqu'au niveau dans un tube capillaire ?

Pourquoi encore les liqueurs moins denses , toutes choses égales d'ailleurs , ne s'élèvent-elles pas davantage au-dessus du niveau dans un tube capillaire ? Pourquoi l'esprit-de-vin , par exemple , s'y élève-t-il une fois moins que l'eau , comme je l'ai rapporté précédemment ?

Le savant *Mussenbroeck* qui fait cette question , prétend , & avec raison , que si l'élévation des liqueurs dans les tubes capillaires , dépendoit de la moindre pression de l'air , dans l'intérieur de ces tubes , les liqueurs

s'y élèveroient en raison inverse de leurs densités, c'est-à-dire, qu'une liqueur moins dense, s'y élèveroit proportionnellement davantage, ce qui va directement contre la majeure partie des expériences de ce genre.

Mais voici une difficulté bien plus grande encore contre cette opinion. Il est de fait, & personne ne peut en disconvenir, que les phénomènes des tubes capillaires ont également lieu, & avec la même intensité, dans le vuide qu'en plein air. Que répondre à ce fait ? de mauvaises raisons ; car c'en est une de prétendre que le vuide ne se fait point assez exactement avec une machine pneumatique, pour qu'on puisse raison-

nablement conclure de cette expérience.

Je ne nie point que le vuide ne soit imparfait sous le récipient de la meilleure machine pneumatique ; mais toujours est-il vrai que l'air qui y reste est extrêmement raréfié, & à raison de cette extrême raréfaction, on devroit au moins remarquer une différence notable dans l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau.

Il ne faut certainement pas un cylindre de liqueur aussi haut pour compenser l'inégalité de la pression d'un fluide très-raréfié, que pour la compenser lorsqu'il jouit de toute sa densité naturelle. Cependant le phénomène est exactement le même dans

les deux circonstances. La liqueur s'élève à la même hauteur au-dessus du niveau en plein air, & sous le récipient, lorsqu'on l'a évacué d'air autant qu'il est possible de l'évacuer.

Toutes ces raisons réunies, & plusieurs autres que nous pourrions ajouter, mettent donc en évidence la fausseté de l'hypothèse dont il est ici question; je passe à la seconde. Celle-ci est aussi ingénieuse, aussi mécanique que la précédente, & elle a même cet avantage sur elle, qu'elle paroît confirmée par des expériences bien capables d'en imposer au premier aspect. Commençons par l'exposer le plus clairement qu'il nous sera possible.

Dans cette hypothèse, comme dans

la précédente, l'élévation de la liqueur au-dessus du niveau, dans un tube capillaire, est attribuée à la même cause immédiate, à la prépondérance de la colonne correspondante dans le grand vaisseau, ou à celle des colonnes extérieures & ambiantes, lorsqu'on se sert d'un simple tube capillaire, & qu'on le plonge dans une masse de liqueur.

La seule différence qui distingue ces deux hypothèses se tire de la cause éloignée ou occasionnelle, qui détermine cette prépondérance. Ici ce n'est plus l'inégalité de la pression de l'air, ou de cette diversité de fluides imaginaires, dont nous n'avons pas voulu faire mention; mais que les partisans de la première

opinion ont pris plaisir à invoquer tour à tour ; c'est l'adhérence que la liqueur, contracte avec les parois intérieures du tube capillaire , adhérence qui, soutenant en partie la colonne élevée dans le tube , diminue d'autant de son poids sur la base , ou sur le fond du vaisseau qui la porte , & détermine par là , la prépondérance de la colonne correspondante , ou des colonnes extérieures ambiantes. Développons encore cette idée.

Je plonge un tube capillaire dans une masse de liqueur ; aussitôt une colonne s'élève dans ce tube : en s'y élevant , elle touche ses parois , & contracte avec elles une adhérence qui la soutient en partie.

Soutenue , elle pèse moins sur le fond du vaisseau que chacune des colonnes extérieures & ambiantes qui jouissent de tout leur poids. Celles-ci ont donc alors une prépondérance sur la colonne renfermée dans le tube , & en vertu de cette prépondérance , elles l'élèvent au-dessus du niveau , jusqu'à ce que son excès de hauteur lui ait rendu le poids qu'elle perd par son adhérence , & l'ait mise en état d'équilibrer les autres.

Plus la colonne intérieure contractera d'adhérence avec les parois du tube , plus elle sera soutenue , & plus conséquemment elle aura besoin d'être alongée , ou élevée au-dessus du niveau , pour reprendre ce qui

manque à son poids. C'est ce qui arrive lorsque le tube est d'un plus petit diamètre ; parce qu'alors sa surface intérieure est proportionnellement plus grande , les points d'attouchement plus multipliés , & conséquemment l'adhérence plus forte entre la liqueur & les parois du tube.

Cette adhérence est incontestable. Personne n'ignore que les molécules d'une liqueur s'attachent & adhèrent plus ou moins fortement aux parois des vaisseaux qui la contiennent. Je n'en veux d'autre preuve qu'un exemple trop familier pour être ignoré de qui que ce soit.

Chaque fois qu'on rince un verre , il est impossible , quelques secousses



qu'on lui donne , d'en détacher entièrement les gouttes d'eau qui se sont attachées à sa surface. Leur adhérence ne peut être vaincue qu'en l'essuyant long-temps avec un linge sec.

Mais ce qui prouve plus fortement encore en faveur de l'opinion dont il est ici question , opinion imaginée par le célèbre *Vossius* , ce sont les expériences de M. *Carré*, expériences pleines de génie , & dont on trouvera le détail dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris. Nous n'en citerons que les résultats , & on verra qu'ils sont on ne peut plus imposans. Sont-ils aussi concluans ? c'est ce que nous allons examiner.

Ce célèbre Académicien enduisit

de différentes matières grasses les parois intérieures de plusieurs tubes capillaires , & dans aucun d'eux la liqueur ne s'éleva au-dessus du niveau de celle dans laquelle il fut ensuite plongé : Or , voici l'induction que l'auteur crut devoir tirer de ce phénomène , contraire aux phénomènes ordinaires.

En enduisant de matières grasses , dit-il , les parois d'un tube , on s'oppose au contact immédiat de la liqueur avec ces parois , & on empêche qu'elle ne contracte d'adhérence avec elles : or , comme par cela seul , on met à néant les phénomènes des tubes capillaires , ces phénomènes dépendent donc évidemment de cette adhérence ?

A cette expérience déjà très-séduisante, M. *Carré* en ajouta une autre plus séduisante encore. Affez adroit pour n'enduire que la moitié de la surface intérieure de plusieurs tubes & selon leur longueur, il fit remarquer que ces tubes, étant ensuite plongés dans différentes liqueurs, aucune ne s'élevait au-dessus du niveau, du côté où le tube étoit enduit, bien qu'elle s'y élevât du côté opposé; de sorte qu'on vit avec une surprise mêlée d'admiration la colonne de liqueur former comme une espèce de bec de flute, qui partoît du niveau, & s'élevait en montant vers la partie non enduite du tube.

Je le disois, il n'y a qu'un mo-

ment, ces expériences sont on ne peut plus imposantes; les inductions qu'on en tire n'ont rien qui paroisse forcé; au contraire, elles paroissent très-naturelles; peut-être même seroit-il difficile d'indiquer une hypothèse qui eût plus l'apparence de la vérité. Mais telle est la triste condition de l'esprit humain, que souvent il n'embrasse qu'une chimère au moment où il s'applaudit d'avoir trouvé la véritable cause des phénomènes qu'il veut expliquer, & c'est le jugement que je crois devoir porter d'une opinion à laquelle M. Carré imagina avoir imprimé le sceau de l'évidence.

Et d'abord j'observe qu'une couche  
d'huile, ou de toute autre matière  
grasse

grasse quelconque , interposée entre la colonne de liqueur & les parois du tube , quelque mince qu'on la suppose , exclut le contact immédiat entre l'une & l'autre , & c'en est assez pour empêcher le tube d'exercer sa force attractive sur la liqueur ; puisque dans l'attraction , à petites distances , cette force devient nulle , ou presque nulle , au plus petit degré d'éloignement du contact ; or , cela seul suffit pour me faire suspecter le mécanisme de l'adhérence , & surtout l'induction que M. *Carré* tire de ses tubes enduits ; mais voici une preuve plus directe contre cette opinion.

Je demande pourquoi l'effet de cette adhérence se trouve nul , lors-

M

qu'on emploie du mercure à ces fortes d'expériences? dira-t-on que de sa nature le mercure est incapable de contracter aucune adhérence avec les parois de ces fortes de tubes? j'y consens; mais au moins devoit-il s'y élever jusqu'au niveau de celui qui est contenu dans le vaisseau communiquant, & l'expérience atteste constamment le contraire.

Enfin, lorsque je considère que la liqueur ne s'élève pas davantage au-dessus du niveau, dans un tube capillaire bien calibré, soit qu'on le plonge à une petite ou à une grande profondeur, je vois que l'effet ne répond point à la cause à laquelle on voudroit l'attribuer; puisque dans une immersion plus profonde, il y a

certainement un plus grand nombre de points de contact , plus d'adhérence , plus de parties soutenues dans la colonne qui s'élève dans le tube , & conséquemment une plus grande prépondérance de la part des colonnes extérieures & ambiantes.

Cette objection , que j'emprunte de M. *Desmarets* , est sans réplique. Elle demanderoit peut-être à être développée , & je le ferois volontiers , si ce développement ne m'entraînoit dans des calculs mathématiques que je veux éviter. Je m'en tiens donc aux deux précédentes , & sur-tout à celle que je tire de la conduite du mercure dans ces sortes de tubes ; elle est également sans réplique.

J'ajouterai cependant encore une expérience qui me paroît d'autant plus importante à connoître, qu'elle réfute également bien & l'opinion dont il est ici question, & la précédente, que nous avons déjà complètement réfutée.

Dans l'une & dans l'autre, on admet le concours de deux causes à la production des phénomènes des tubes capillaires; l'une, comme je l'ai déjà remarqué, *éloignée*, l'autre *immédiate*. Celle-ci est la même dans les deux hypothèses; c'est la prépondérance des colonnes extérieures.

Dans la première, cette prépondérance est occasionnée par l'inégale pression de l'air; dans la seconde,



par l'adhérence de la liqueur aux parois du tube. De quelque manière qu'elle ait lieu, cette prépondérance, c'est-elle que j'attaque, & l'expérience suivante prouve incontestablement que les phénomènes des tubes capillaires se manifestent parfaitement bien sans le ministère de cette cause.

Je plonge un tube de cette espèce dans une liqueur colorée, & j'avois cette liqueur s'y élever à une hauteur donnée au-dessus du niveau. Je mesure cette hauteur, & je retire le tube, que j'évacue entièrement.

Cela fait, je le tiens dans une situation inclinée à l'horison, & je laisse tomber sur un des points de sa surface extérieure, quelques

gouttes de la même liqueur, que j'ai puifées avec le bout du doigt.

Ces gouttes , maitrifées par leur propre pefanteur , coulent fur la longueur du tube & arrivent vers fon extrémité inférieure. Parvenues à cet endroit , & toujours foumifes à la force qui les a fait descendre le long du plan incliné que le tube leur préfente , il feroit naturel d'imaginer que , faute d'être foutenues plus loin , elles doivent tomber par terre. Point du tout : elles entrent dans l'intérieur du tube , elles furmontent , pour y entrer , l'effort de la gravité , & elles s'y élèvent à la même hauteur à laquelle cette liqueur s'y étoit élevée au-deffus du niveau , lors de l'immerfion du tube.

Point ici de colonnes extérieures prépondérantes qui obligent la liqueur à s'élever dans le tube , & qui l'y retiennent à une hauteur donnée. Je suis donc en droit d'en conclure que dans les autres circonstances , ce n'est point cette prétendue prépondérance qui produit le même phénomène. Il dépend donc d'une autre cause , & cette cause que pourroit-elle être chose que l'attraction que nous avons fait connoître suffisamment dans le volume précédent ?

Rappelons-nous qu'abstraction faite des distances pour lesquelles il existe une loi invariable que nous avons indiquée & constatée, une loi que la plupart des Physiciens voudroient modifier à leur gré, à raison de la

diversité de ces distances. Rappelons-nous, dis-je, que dans toutes les circonstances possibles, l'attraction est en raison directe des masses ; qu'une plus grande masse exerce proportionnellement une plus grande force attractive, & c'en est assez pour expliquer les phénomènes dont il est ici question.

A raison en effet de la plus grande densité du tube , les parties qui composent la colonne de liquide élevée dans un tube capillaire, sont plus maitrisées par la force attractive de ses parois , qu'elles ne le sont par la leur propre. Elles doivent donc céder à cet excès de force attractive qui les soutient jusqu'à un certain point, les rend plus

légères à proportion, & conséquemment exige que la colonne, renfermée dans le tube, soit plus longue, pour se mettre en équilibre avec les colonnes de dehors.

Or, comme la surface du tube augmente à mesure que son diamètre diminue, sa force attractive augmente dans la même proportion; puisqu'elle est en raison directe des points attractifs. L'effet qui s'en suit doit donc être proportionnellement plus grand, & on ne doit point être surpris de voir la colonne de liqueur plus élevée au-dessus du niveau, dans un tube d'un plus petit diamètre.

Or, c'est ici que les expériences de M. Carré jouent un rôle bien différent de celui qu'elles jouent dans

l'opinion de ce favant Académicien ; c'est ici que leurs résultats s'expliquent parfaitement bien , parce qu'on conçoit qu'en interpolant une lame de matière grasse entre la colonne de liqueur & les parois du tube , on s'oppose à l'effet de l'attraction de celui-ci , dont la sphère d'activité ne s'étend point sensiblement au-delà de sa surface ; on l'empêche donc de maîtriser les parties de la colonne de liqueur qui ne sont point en contact immédiat avec lui , & conséquemment elle ne peut s'élever au-delà du niveau.

On nous dira peut-être que la cause que nous assignons ne diffère point de celle qu'admettoit notre favant Académicien ; que nous chan-

geons seulement sa dénomination, nous la présentons sous un nom différent : que ce soit l'attraction du tube, ou l'adhérence que la colonne de liqueur contracte avec ses parois, qui la soutienne en partie, c'est toujours la même chose; le fait est qu'elle est soutenue, & que c'est parce qu'elle est soutenue qu'elle s'élève au-dessus du niveau.

A cela nous répondrons que l'adhérence de la liqueur aux parois, lorsqu'elle existe, n'est que l'effet de l'attraction, & qu'on ne doit point confondre l'effet avec sa cause; nous ajouterons que si la colonne de liqueur n'étoit soutenue qu'à raison de son adhérence, il est nombre de phénomènes, & notamment, comme

nous l'avons observé ci-dessus , ceux qui concernent la marche du mercure dans les tubes capillaires , qui seroient inexplicables ; au lieu qu'en admettant l'attraction pour cause de ces phénomènes , il n'en est aucun dont on ne puisse rendre raison.

Pour ne parler que de ces derniers , considérons que la densité du mercure étant plus grande que celle du tube , elle doit produire par rapport à lui-même , ce que l'excès de densité du tube produit sur une liqueur moins dense que lui. De là la colonne du mercure élevée dans le tube , cédant à son excès de force attractive , se rapproche de la masse de ce fluide , & s'abaisse , dans le tube , au-dessous du niveau.

Or,



Or , à proportion que cette colonne est plus grêle , ou que le diamètre du tube est plus petit , la masse attirante devient plus grande par rapport à la colonne qu'elle attire ; celle-ci doit donc céder davantage à la force qui la maîtrise & conséquemment descendre proportionnellement davantage au dessous du niveau.

Mais de quelle manière l'attraction , qui se décèle si manifestement ici , produit-elle cet effet ? comment se modifie-t-elle pour répondre à toutes les variétés qu'on observe dans les phénomènes des tubes capillaires ? c'est en cela que gît la difficulté ; c'est sur cela que les opinions sont partagées , & c'est ce qui excite un schisme entre les partisans de l'attraction.

Chacun a sa manière de s'expliquer à cet égard.

Quelle multitude d'opinions plus compliquées les unes que les autres ! Comment les faire connoître ? Une simple analyse ne suffiroit pas ; les exposer dans toute leur étendue , ce seroit fatiguer inutilement l'attention du Lecteur , sans le satisfaire ; car il n'en est aucune qui réponde exactement à tous les phénomènes.

Cependant , & on ne peut disconvenir qu'à quelques difficultés près , auxquelles je ne me chargerois pas de répondre , il en est une beaucoup plus simple , plus raisonnable & plus satisfaisante que les autres : c'est celle que nous devons aux soins

& aux travaux de M. *Delalande*, ce savant astronome, qui vient d'ouvrir aux Dames un accès facile à une science qu'il cultive & qu'il professe avec la plus grande distinction, en leur offrant, dans cette Bibliothèque, les élémens les plus précis & les plus simples de l'Astronomie. Avec quelle adresse il est parvenu à écarter de la carrière qu'il leur fait parcourir, dans la vaste étendue des cieux, toutes les difficultés qui eussent pu les rebuter !

Je donneroïis bien volontiers ici une analyse suivie de l'excellente dissertation dans laquelle il développe sa manière d'appliquer l'attraction aux phénomènes des tubes capillaires,

si cette dissertation étoit susceptible d'être analysée sans rien perdre de son mérite , & si d'ailleurs elle n'exigeoit, de la part de celui qui voudroit profiter de cette analyse, des connoissances mathématiques dont nous nous sommes interdit l'usage. Je crois donc qu'il est plus à propos de renvoyer le Lecteur à l'Ouvrage même de notre célèbre Astronome. Il fut imprimé en 1770 , & on en trouve encore des exemplaires chez la veuve *Dessaint*.

Quant aux autres systèmes de même genre , ceux dans lesquels on tourmente de différentes manières l'attraction, pour l'appliquer aux phénomènes des tubes capillaires, on les trouvera très-bien exposés dans la

savante édition de l'Ouvrage de *Hauxbée*, que nous devons aux soins de M. *Desmarets*. Cette édition fut faite en 1754, & l'Ouvrage est intitulé : *Expériences Physico-Mécaniques sur différens sujets*, &c. On y trouve également l'exposition des autres systêmes dont nous avons parlé précédemment, & des modifications nombreuses qu'on leur a données successivement. Je passe à un objet plus important que des systêmes.

### §. I V.

*De l'équilibre des liqueurs de différentes densités.*

Parmi les liqueurs de différentes

densités , autrement dites *hétérogènes* ; il en est plusieurs qui se mêlent & se combinent facilement ensemble ; telles sont , par exemple , l'eau & l'esprit de vin. Il en est d'autres qui n'ont aucune affinité entre elles , aucune tendance à la combinaison , & qui conséquemment demeurent séparées dans le même vaisseau , lorsqu'on n'emploie ni intermèdes , ni moyens mécaniques qui puissent les obliger à se mêler & à se combiner.

Ce sont ces dernières , & ce sont les seules qui puissent nous permettre d'observer & de constater , par expérience , les loix auxquelles elles sont soumises dans leur équilibre. La mixtion qui s'opère par le seul contact

des autres, s'oppose à ces fortes d'observations.

Cela posé, je considérerai d'abord de quelle manière ces liqueurs se comportent entre elles, lorsqu'elles sont renfermées dans un même vaisseau, & ensuite lorsqu'elles sont contenues dans différens vaisseaux qui communiquent entre eux.

Mises dans le même je vois celle qui a plus de densité se précipiter à travers les autres, & gagner le fond du vaisseau sur lequel elle repose immédiatement. Au-dessus d'elle, je vois celle dont la densité approche davantage de la sienne, & qui est elle-même plus dense que celle qui la surnage immédiatement. En est-il une autre moins dense encore, elle

s'élève au-dessus, & ainsi de suite, à proportion que la densité de la liqueur diminue.

J'observe constamment ce phénomène, lorsque je renferme dans le même vaisseau du mercure, par exemple, de l'huile de tartre, de l'esprit de vin, & de l'huile de pétrole. Ces liqueurs se-placent les unes au-dessus des autres, dans l'ordre que je viens de les indiquer & cet ordre est celui de leur densité respective, en commençant par la plus dense qui est le mercure.

Depuis long-temps on connoît ce phénomène en physique. Les anciens s'en servoient même pour désigner la position des corps relativement à l'un des quatre élémens prédominant



qui entroit dans leur composition. L'expérience étoit vraie, mais l'induction qu'ils en tiroient étoit une chimère digne de l'ignorance & de la barbarie de ces anciens temps.

Le mercure, disoient-ils, représente la terre, l'élément le plus dense & le plus fixe des quatre. Aussi occupe-t-elle, comme le mercure, la partie inférieure de l'espace dans lequel l'univers matériel est renfermé.

L'huile de tartre, qui surnage le mercure, représente les eaux qui dorment, ou coulent sur la surface du globe. L'esprit de vin montre la place que l'air occupe au-dessus des eaux, & l'huile de pétrole, qui surnage le tout, indique l'élément

du feu , qui habite , au-dessus des régions éthérées , dans le concave de la lune.

On a conservé cette expérience en physique , & on a laissé à l'appareil le nom de *phiole des quatre élémens*, non pour conserver la mémoire de l'absurdité que je viens de faire connoître , mais à dessein de prouver seulement que , renfermées dans un vaisseau , des liqueurs hétérogènes y occupent des places relatives à leurs densités respectives ; la plus dense le fond & la moins dense le haut du vaisseau , ou que celle-ci surpasse les autres. Si on l'agite ce vaisseau , les liqueurs se mêlent & se confondent ; mais si on le laisse ensuite dans un état

de repos , on voit ce chaos se débrouiller , & chaque liqueur revenir à sa place.

Ainsi disposées les unes au-dessus des autres , la plus légère ajoute au poids de celles qui sont en dessous , & contribue à la pression qu'elles exercent sur le fond du vaisseau. Si cette vérité avoit besoin de preuve , on la trouveroit dans l'expérience suivante.

Je verse du mercure dans le vaisseau *A B* , ( *Planche 2* , *Fig. 3* ) , jusqu'à une hauteur donnée , supposons *cf* , & je vois ce fluide s'élever dans le tube communiquant *B C* , jusqu'à la même hauteur *eg*. Je verse par-dessus le mercure , & dans le vaisseau *A B* , un autre fluide

N vj

plus léger que lui , de l'eau par exemple , ou de l'esprit de vin , & j'en verse encore jusqu'à une hauteur déterminée que je suppose *h i*.

Bien que la première de ces deux liqueurs pèse près de quatorze fois moins que le mercure , & l'esprit de vin encore moins , l'une & l'autre augmentent sensiblement le poids du mercure sur le fond du vaisseau , & contre la colonne de mercure élevée dans le tube communiquant B C. Celle-ci , cédant donc à cet excès de pression , s'élève au-dessus de la hauteur *eg* , ou elle étoit fixée ; non cependant jusqu'au niveau de *h i* , mais à une hauteur moyenne & proportionnée à l'addition du poids occasionné par l'eau ou l'esprit de

vin; & si on vient à comparer cette hauteur, supposons  $Kl$ , à celle de l'eau ou de l'esprit de vin  $ih$ , dans le grand vaisseau  $AB$ , on trouvera qu'elle est en raison réciproque de la densité du mercure & de l'eau, ou de l'esprit de vin, & c'est ce qu'exige la loi générale de l'équilibre des liqueurs hétérogènes renfermées dans des vaisseaux communiquans.

C'est effectivement une loi constante en hydrostatique, que les liqueurs hétérogènes, ou de densités différentes sont en équilibre entre elles, dans des vaisseaux communiquans, lorsque leurs hauteurs perpendiculaires au-dessus de la base qui leur est commune, sont en raison réciproque de leurs densités; je veux

dire, lorsque la moins dense est proportionnellement plus élevée dans son vaisseau, que la plus dense ne l'est dans le sien; parce qu'alors son excès de hauteur compense ce qui manque à sa densité. Par cette compensation, la base est également pressée de part & d'autre, & c'est dans cette égalité de pression sur la base, que consiste l'équilibre.

Si donc je suppose qu'on verse dans le tube  $ABC$ , (*Planche 2, Fig. 2*), deux liqueurs de densité différentes, l'une dans la branche  $AB$ , l'autre dans la branche  $BC$ , l'expérience prouvera que ces deux colonnes de liqueurs ne seront en équilibre entre elles, qu'au moment où leurs hauteurs perpendi-

culaires , au-dessus de la base  $B o$  ,  
seront en raison réciproque de leurs  
densités.

Supposons que l'une de ces liqueurs,  
celle qui sera versée dans la branche  
 $BC$  , soit une fois moins dense que  
l'autre , & qu'elle s'élève en  $d$  ;  
vous verrez celle de la branche  $AB$  ,  
fixée en  $e$  , moitié de la hauteur  
 $Bd$  , & dans cet état elles seront  
en équilibre.

Eu égard à la densité de cette  
dernière , que nous supposons double ,  
chaque tranche de cette liqueur pèse  
une fois davantage sur la base  $B o$   
qui la porte , que chaque tranche  
semblable de celle qui est contenue  
dans la branche opposée  $BC$ . Cette  
base sera donc également pressée de

part & d'autre, si le nombre des tranches contenues dans la branche B C est double de celui que renferme la branche A B, & c'est précisément ce qui arrivera, si la hauteur B e de cette dernière liqueur est soudouble, ou une fois moindre que la hauteur B d. D'où je conclus que les liqueurs de différentes densités sont en équilibre, dans des tubes communiquans, lorsque leurs hauteurs perpendiculaires au-dessus de la base commune, sont en raison réciproque de leurs densités.

On pourroit tirer un excellent parti de l'invariabilité de cette loi, pour connoître les densités respectives de différentes liqueurs, si ce moyen n'exigeoit des précautions fort em-



barassantes dans la pratique. Nous en préférons donc un autre que nous exposerons dans le Paragraphe suivant.

## §. V.

### *De la pesanteur spécifique des solides & des liquides.*

On entend par *pesanteur spécifique*, le poids d'un corps sous un volume donné. D'où l'on comprend qu'elle ne diffère point de ce que nous avons appelé jusqu'à présent *densité*. Plus en effet un corps est dense, plus il contient de parties sous le même volume, & plus aussi son poids augmente sous ce volume; puisque le

poids d'un corps répond exactement au nombre de parties pesantes qu'il contient; mais comment connoître la pesanteur spécifique d'un corps de quelque espèce qu'il soit? c'est l'objet de ce Paragraphe, & l'hydrostatique nous offre différens moyens que nous allons faire connoître.

Pour mieux les saisir, nous mettrons en avant quelques principes fondés sur l'expérience, & on verra que ces moyens en découlent naturellement.

Et d'abord, si je prends un corps fort léger, supposons un morceau de liége, & que je le jette sur la surface d'une masse d'eau, je le vois surnager & flotter sur elle. Il s'y enfonce néanmoins jusqu'à un cer-

tain point , mais moins qu'un autre corps qui seroit plus pesant que lui , & cependant plus léger que l'eau , tel qu'un morceau de bois.

Pareillement , en jetant sur l'eau des bois de différentes densités , tous furnagent , mais tous s'enfoncent plus ou moins & d'autant plus profondément qu'ils sont plus denses.

Si la densité d'un corps étoit égale à celle de l'eau , comme elle se trouve dans une boule de cire , lestée de quelques grains de plomb , le corps s'enfonceroit entièrement dans l'eau , jusqu'à ce qu'il eût déplacé un volume de liquide égal au sien , & en quelqu'endroit de la masse d'eau qu'on le plongeât , il y demeureroit en repos ou en équilibre.

Mais si on jetoit sur l'eau un corps dont la densité fût plus grande que celle de ce liquide, tel qu'un morceau de métal quelconque, une pierre, &c. ce corps s'enfonceroit de lui même, & se précipiteroit au fond.

Rien de plus généralement connu que ces sortes de phénomènes, que le vulgaire observe journellement, sans y faire la moindre attention, & encore moins sans pouvoir en tirer les inductions qu'ils présentent, inductions cependant intéressantes pour le Physicien, en ce qu'elles le mettent à portée de connoître la pesanteur spécifique de toute espèce de corps.

Et d'abord, dès qu'un corps plus

léger que l'eau furnage, en déplaçant néanmoins une certaine quantité de ce liquide, j'en conclus que le poids de ce corps égale celui de la quantité d'eau qu'il déplace, & pourquoi? parce que la colonne qui le porte, & à laquelle il enlève une portion de sa hauteur, restant en équilibre avec les colonnes collatérales & ambiantes, il faut de toute nécessité que le poids de ce corps remplace celui de la quantité d'eau déplacée. Sans cela, le poids de cette colonne ne feroit plus le même que celui des colonnes circonvoisines, & conséquemment elle ne feroit plus en équilibre avec elles.

De là je comprends pourquoi un corps plus pesant que le précédent,

mais plus léger encore que l'eau ; s'enfonce davantage dans ce liquide. Son poids , ajouté à celui de la colonne qui le porte , ne peut être égal à celui des colonnes collatérales , qu'autant que cette colonne perdra proportionnellement davantage du sien. Or , cette perte ne pouvant se faire qu'aux dépens de sa hauteur , c'est-à-dire , à raison de l'immersion du corps étranger , il faut donc que celui - ci s'enfonce proportionnellement davantage.

Voilà donc un principe incontestable en hydrostatique : qu'un corps spécifiquement moins pesant que le liquide dans lequel on le plonge , surnage ; mais s'y enfonce jusqu'au point de déplacer un volume de

liquide dont le poids égale la totalité du sien.

Que conclure de là ? le voici : que le même corps d'un poids & d'un volume donnés , & toujours spécifiquement moins pesant que les liquides dans lesquels on le plongera , s'enfoncera dans tous , mais à des profondeurs différentes ; plus dans ceux qui seront moins denses , moins dans ceux qui seront plus denses , & ces différens degrés d'immersion bien connus indiqueront la pesanteur spécifique de ces liquides.

Ce moyen de connoître la pesanteur spécifique des liquides , n'est point un moyen nouveau ; on l'emploie depuis plusieurs siècles ; presque

tout le monde en fait usage ; mais presque tout le monde ignore que ce moyen, aussi simple qu'ingénieux, fut imaginé par une femme savante, qui, la première fut tirer parti de ce phénomène hydrostatique.

Cette femme se nommoit *Hypacie* ; elle étoit fille du célèbre *Theon*, grand philosophe, & très-versé dans l'étude des Mathématiques. Elle tint pendant quelques années, & avec la plus grande distinction, la fameuse école d'Alexandrie, école déjà célèbre par les grands hommes qui l'avoient devancée dans cette carrière. Elle vivoit dans le quatrième siècle : digne d'un meilleur sort, elle fut tuée dans une émeute populaire.

Ce fut donc *Hypacie* qui imagina

cet



cet instrument si répandu sur-tout dans le commerce des eaux-de-vie, instrument qu'on appelle *aréomètre* ; ou plus communément *pèse-liqueur*. Il faut en convenir : il sortit bien imparfait des mains de son auteur, & il s'est écoulé bien des siècles avant même qu'on ait pensé à le perfectionner & à le rendre comparable.

J'ajouterai que , malgré les recherches immenses, les travaux inconcevables qu'on a faits , & particulièrement dans ces derniers temps, pour l'amener au degré de perfection qu'on voudroit lui donner , il est encore fort éloigné de répondre à nos désirs. Tel qu'il est cependant, le commerce des liqueurs, la chimie,

& sur-tout la pharmacie , en tirent tous les jours un très-grand parti.

Il est trop généralement connu pour qu'il soit nécessaire d'insister sur sa description ; mais nous croyons qu'il est important de faire connoître à nos lecteurs la manière de le graduer aussi exactement qu'il est possible , ne fût-ce que pour les mettre à portée de juger de l'exaëtitude de celui qu'on leur présenteroit.

Tout le monde fait que cet instrument est composé d'un tube cylindrique de même diamètre dans toute sa longueur , & dans lequel on renferme une échelle tracée sur une bande de papier. Au bas de ce tube , qui doit être hermétiquement fermé à son extrémité supérieure , est une

boule soufflée, d'un pouce ou environ de diamètre. Sous celle-ci, on en voit une autre beaucoup plus petite séparée de la première par un col plus ou moins alongé. Cette dernière contient une certaine quantité de mercure qui sert à lester l'instrument, & à le contenir dans une situation verticale, lorsqu'il est plongé dans une liqueur.

Le destine-t-on à indiquer la pesanteur respective de différens liquides spécifiquement moins pesans que l'eau distillée, on commence par le plonger dans une masse de cette eau, dans laquelle on a fait fondre une certaine quantité de sel marin bien purifié & bien sec; dix onces, par

O ij

exemple , pour quatre-vingt dix onces d'eau distillée ; mais il faut alors que le pèse-liqueur soit lesté de façon qu'il s'enfonce dans cette eau ainsi préparée , à deux ou trois lignes au -delà de sa grosse boule ; ce qui dépend de la quantité de mercure renfermée dans la petite , quantité qu'on augmente , ou qu'on diminue au besoin. Alors on marque un point sur la tige de l'instrument , & ce point indiqué par un zéro , sur l'échelle qu'on insère en dedans , est le premier degré d'immersion.

Cela fait , on retire le pèse-liqueur , & on l'essuie exactement pour le plonger ensuite dans une masse d'eau distillée , dans laquelle il s'enfonce à une plus grande pro-

fondeur , qu'on marque encore sur la tige, pour la rapporter sur l'échelle. On divise en dix parties égales, l'espace compris entre la première & la seconde immersion. Ces dix degrés qui se rapportent à la proportion du sel, avec la masse du liquide dans lequel on l'a fait fondre ; ces dix degrés, dis-je, une fois trouvés, servent d'étalon pour continuer l'échelle qui doit aller jusqu'à cinquante degrés, afin que l'instrument puisse servir à connoître la pesanteur respective de l'esprit de vin le plus déphlegmé, dans lequel cependant il ne descend jamais jusqu'à la hauteur du cinquantième degré.

Si au contraire on destinoit le pèse-liqueur à indiquer la pesanteur

relative de différens liquides spécifiquement plus pesans que l'eau distillée , on procéderoit de la même manière , mais inversement : je m'explique.

On le lesteroit moins que le précédent & de façon que plongé dans de l'eau distillée , il s'enfonçât jusque vers le haut de sa tige , & on marqueroit un zéro à l'endroit de son enfoncement. Puis le plongeant dans de l'eau distillée , salée selon la proportion indiquée ci-dessus , il s'y enfonceroit moins d'une quantité donnée , qu'on marqueroit encore , & on diviseroit en dix parties égales l'espace compris entre ces deux degrés d'enfoncement , ayant soin de disposer de haut en bas la progression

naturelle des chiffres, & non de bas en haut, comme dans le précédent. Ces dix degrés trouvés serviroient à continuer l'échelle jusqu'à la naissance de la boule.

On conçoit facilement le service qu'on peut tirer de ces deux instrumens; le premier destiné aux liqueurs spiritueuses, moins denses que l'eau; le second, à celles qui sont plus denses qu'elle, telles que les eaux chargées de sel. Le premier annonce donc une liqueur d'autant plus spiritueuse, qu'il s'y enfonce davantage; le second, une liqueur d'autant plus riche en sel, qu'il s'y enfonce moins.

Je ne m'étendrai pas davantage sur l'usage du pèse-liqueur. Cepen-

dant je ne dois pas laisser ignorer que ses indications varient, & même d'une quantité assez notable, de l'hiver à l'été, & pourquoi ? parce que la chaleur dilatant tous les corps, & plus encore les liquides que les solides, leur pesanteur spécifique diminue à proportion que la température de l'air s'échauffe.

On ne peut donc rigoureusement compter sur les indications du pèse-liqueur, qu'autant qu'on a soin d'amener les liqueurs à éprouver, à la température de celles dont on s'est servi pour graduer l'échelle. Je passe à un autre moyen plus général, en ce qu'il nous met à portée de découvrir la pesanteur spécifique



des corps de toute espèce, liquides ou solides.

Nous avons dit précédemment qu'un corps spécifiquement plus pesant que le liquide dans lequel on le plonge, s'y enfonce & se précipite jusqu'au fond de ce liquide. Nous observerons actuellement qu'il ne s'y précipite point avec la totalité de son poids, & cela, parce que le liquide dans lequel il tombe, soutient une partie de ce poids.

L'expérience nous apprend en effet qu'un corps de même pesanteur spécifique que le liquide dans lequel on le plonge, y demeure en équilibre dans tous les endroits de son immersion. C'est ce qui arrive, comme nous l'avons observé ci-dessus,

à une boule de cire plongée dans l'eau , lorsqu'on a eu soin de la lester convenablement de plomb. Or, pourquoi cette boule demeure-t-elle en équilibre ? elle y demeure , parce que déplaçant un volume d'eau dont le poids est égal au sien , elle produit , sur la colonne qui la porte , la même pression que produisoit le volume d'eau dont elle a pris la place.

Or , comme les colonnes d'un liquide quelconque ne peuvent être en équilibre entre elles , qu'autant qu'elles pèsent toutes également sur la base , chaque fois qu'on plonge un corps dans un liquide , on déplace une portion de la colonne dans laquelle on le plonge. Il faut donc

que le corps , qui prend la place du volume déplacé , rende , à la colonne qui le porte , le poids qu'il lui fait perdre par ce déplacement ; mais , comme il ne peut le lui rendre qu'aux dépens de son propre poids , il perd donc de son poids total autant que pèse le volume de liquide dont il occupe la place , & conséquemment il ne lui reste que l'excédent de son poids , avec lequel il tombe & se précipite au fond du liquide.

L'expérience confirme parfaitement cette importante vérité , & c'est un principe universellement reçu en hydrostatique , qu'un corps spécifiquement plus pesant que le liquide dans lequel on le plonge y perd de son

poids, autant que pèse le volume de liquide qu'il déplace.

De là, je conclus que plongé dans des liquides de différentes densités, le même corps perdra d'autant plus de son poids que ces liquides seront plus denses, ou qu'ils auront plus de pesanteur spécifique ; puisque déplaçant, dans chacun, le même volume, le volume déplacé pèsera d'autant plus qu'il appartiendra à un liquide plus dense. Voilà donc un moyen aussi simple qu'exact de connoître la pesanteur spécifique des liquides.

Il n'est pas moins propre à nous indiquer celle des solides. Et d'abord il est constant qu'en réduisant au même poids tous ceux dont on voudra  
déterminer

déterminer la pesanteur spécifique, ils différeront tous en volume, de façon que ceux dont la pesanteur spécifique sera moindre, auront un volume proportionnellement plus grand.

C'est ce qu'on remarque sensiblement dans le cuivre & dans le plomb, par exemple : la pesanteur spécifique du plomb étant plus grande que celle du cuivre, un poids donné de ce dernier métal est plus volumineux qu'un semblable poids de plomb.

Si on réduit donc au même poids, comme nous venons de le dire, tous les solides dont on voudra connoître la pesanteur spécifique, & qu'on les pèse ensuite les uns après les autres, dans le même liquide, ceux qui auront moins de pesanteur spécifique,

en déplaceront un plus grand volume, & conséquemment perdront davantage de leur poids. On connoitra donc leur pesanteur spécifique, qui sera en raison inverse des poids qu'ils perdront dans leur immersion.

Bien que très-simple, cette opération n'est point toujours praticable. Elle ne le seroit point, par exemple, si le solide dont on voudroit connoître la pesanteur spécifique étoit trop petit pour être de même poids que ceux qu'on auroit éprouvés, & auxquels on voudroit le comparer. Un autre inconvénient encore qui se présenteroit souvent, ce seroit la perte qu'il faudroit essuyer pour réduire le corps au poids indiqué.

Voudroit-on, par exemple, casser

une boîte d'or, pour en prendre le poids convenable à cette opération ? je fais que dans toutes ces circonstances , il est des moyens de parer aux inconvéniens , mais ces moyens sont compliqués. Je préfère donc le procédé plus général que voici , en ce qu'il n'exige point que l'opération se fasse sur un poids fixe & déterminé.

Pesez d'abord dans l'air le corps dont vous voulez connoître le pesanteur spécifique , & tenez compte du poids que vous trouverez ; pesez - le ensuite dans l'eau : il est constant que son poids sera moindre de toute la quantité qu'il aura perdue par cette immersion. Cherchez la différence de ces deux poids , de celui qu'il pèse dans l'air , à celui qu'il pèse dans

l'eau ; divisez par cette différence le poids qu'il pèse dans l'air , & le quotient vous donnera la pesanteur spécifique : un exemple rendra ce procédé plus sensible.

Je suppose qu'un morceau de cuivre pesé dans l'air , pèse 144 grains ; si on le pèse dans de l'eau distillée , il ne pèsera plus que 128 grains ; il y a donc ici 16 grains de différence entre son poids dans l'eau & son poids dans l'air. Si on divise celui-ci ou 144 par cette différence 16 , le quotient 9 indiquera la pesanteur spécifique de ce morceau de cuivre relativement à celle de l'eau distillée , qui sert ordinairement de terme de comparaison dans ces sortes d'expériences , & qu'on désigne par l'unité.



Je n'insisterai point sur les précautions qu'il faut prendre , pour mettre dans cette opération toute l'exaétitude qu'elle exige. Je dirai seulement qu'elle en exige beaucoup ; mais ces connoissances ne sont nécessaires qu'à ceux qui se proposent de dresser des tables de pesanteurs spécifiques , & tant d'habiles physiciens se sont occupés de cet objet , qu'on peut s'en rapporter aux résultats de leurs expériences , sans se donner la peine de les répéter.

J'observerai cependant ici que les tables qu'ils ont dressées ne se rapportent point exactement entre elles ; ce qui vient , non de l'inexaétitude de leurs expériences , mais des difficultés presque insurmontables que ces sortes d'opérations présentent.

N'y eût-il que la densité de l'air ; qui varie d'un jour à l'autre , c'en seroit assez pour apporter une différence sensible dans le résultat de ces expériences , faites d'ailleurs avec toute l'attention possible.

Tout corps en effet qu'on pèse dans l'air, y perd nécessairement une partie de son poids , & plus à proportion qu'il est plus volumineux , ou que l'air est plus dense. C'est une suite nécessaire du principe général établi ci-dessus : que tout corps plongé dans un liquide , ou un fluide spécifiquement moins pesant que lui , y perd de son poids autant que pèse le volume de liquide dont il occupe la place.

Or , la densité de l'air , ainsi que

le volume d'un corps étant deux quantités très-variables , à raison de plusieurs circonstances qui influent sur l'une & sur l'autre , il s'ensuit nécessairement qu'un même corps pesé, en différens temps dans l'air, doit avoir un poids différent, & c'en est assez , abstraction faite des autres circonstances qui peuvent s'y joindre , pour mettre des différences sensibles dans les résultats des expériences qu'on fait pour déterminer la pesanteur spécifique des corps.

En ne considérant ici que la différence qui se trouve naturellement dans le volume des corps qu'on pèse dans l'air, on conçoit que plus ils auront de volume, toutes choses égales d'ailleurs, plus ils perdront

de leur poids. De là, le marchand, qui est intéressé à ne donner de sa marchandise que le poids qu'on lui paye, a grand soin, autant qu'il lui est possible, de la réduire à un très-petit volume, sur-tout lorsqu'elle en mérite la peine, & qu'elle est naturellement très-volumineuse.

Voyez, par exemple, de quelle manière on pèse l'édredon, comme on le tasse, comme on le serre : sans cette précaution, le marchand se trouveroit fort éloigné de son compte, en égard à l'excès de volume de cette substance sur les poids dont il se sert pour la peser.

C'est d'après une considération de cette espèce, qu'on demande assez ordinairement : qui de cent livres de

plomb, où de cent livres de plumes pèse davantage ? Si la question paroît absurde au premier aspect, elle est cependant fondée sur les loix de l'hydrostatique, & on peut assurer que l'excès de poids se trouve réellement du côté de la plume.

La raison en est toute naturelle. La plume est incomparablement plus volumineuse que le plomb, elle perd donc beaucoup plus que lui de son poids, lorsqu'on la pèse contre lui dans l'air. De là on conçoit qu'il faut plus de cent livres de plumes pour équilibrer cent livres de plomb. Passons maintenant à la considération des eaux qui coulent.

## S E C O N D E   S E C T I O N .

*De l'Hydraulique.*

L'hydraulique est une partie de la mécanique des liquides qui traite , comme nous l'avons dit précédemment , des eaux qui coulent librement par des ouvertures faites à leurs réservoirs, ou par des canaux disposés de manière qu'elles puissent jaillir , ou enfin dans des lits que la nature ou l'art leur ont préparés. Ces trois objets , dignes de toute l'attention du physicien , seront la matière des trois paragraphes suivans.

Nous ne nous proposons point d'entrer dans des détails fort étendus

dus , ni d'approfondir ces matières.  
 Nous ne pourrions le faire à la  
 satisfaction de ceux de nos lecteurs  
 auxquels le calcul algébrique n'est  
 point assez familier pour qu'il pussent  
 entendre & suivre les formules dont  
 nous serions obligés de nous servir.  
 Nous ne nous proposons donc que  
 d'établir les principes généraux de  
 l'hydraulique ; & ces principes , clai-  
 rement exposés , nous donneront  
 l'idée & nous feront comprendre  
 l'importance d'une science qu'on ne  
 peut trop étudier , trop cultiver &  
 trop approfondir.

§. I<sup>er</sup>.

*Des liquides qui coulent par des ouvertures faites aux vases qui les contiennent.*

Si on fait deux ouvertures égales E & F au fond d'un vase A B C D , ( *Planche 2 , Fig. 5* ) , rempli d'eau , & disposé parallèlement à l'horizon , elle s'écoulera avec la même rapidité par l'une & l'autre ouverture , & en temps égaux , il s'en fera écoulé la même quantité par chacune d'elles.

Tout est égal dans cette supposition ; les deux colonnes G E & H F , qui répondent aux ouvertures E & F , ont même base & même hauteur.



Chaque lame de liquide qui s'y présente , est donc égale & également pressée , ou également sollicitée à s'écouler. La même quantité de liqueur doit donc , en temps égaux , s'échapper avec la même vitesse par ces deux ouvertures.

Or , comme la pression des liquides s'exerce uniformément en toutes sortes de sens , ainsi que nous l'avons démontré , dans la première section , j'en conclus que deux ouvertures égales , faites de part & d'autre aux parois du vaisseau , & à même hauteur au-dessus du fond , doivent fournir des quantités d'eau égales , en temps égaux , & jusqu'à là , point de difficulté pour la dépense de l'eau.

Il n'en feroit pas de même de l'évacuation de deux vases dont les diamètres feroient différens , quoique remplis d'eau jusqu'à la même hauteur & percés à leurs fonds de deux ouvertures égales , tels que les vases A & B , ( *Planche 2 , Fig. 6* ) , les temps de leurs écoulemens feroient entre eux comme leurs bafes.

Concevons en effet ces deux vases divisés de haut en bas en un certain nombre de lames extrêmement minces & parallèles à l'horizon. Ces deux vases étant de même hauteur , le nombre de ces lames fera égal de part & d'autre : or , il est constant que le temps employé par le liquide pour parcourir la première lame de l'un de ces vases , fera à celui que le

même liquide emploiera à parcourir la lame semblable , dans l'autre vase , comme la surface de la lame d'eau qui s'écoulera dans le premier, est à la surface de celle qui s'écoulera dans le second ; mais ces surfaces sont entre elles comme les bases ; d'où je conclus , en appliquant le même raisonnement aux autres lames consécutives , que les temps de leurs écoulemens seront entre eux , comme les superficies de leurs bases ; double pour le vase A , si la base est double de celle du vase B , & c'est une vérité que le s<sup>av</sup>ant *Picard* a démontrée par expérience.

Mais en supposant les vases de même diamètre , si la hauteur du liquide n'étoit point la même au-dessus des

ouvertures par lesquelles il doit s'écouler, on conçoit qu'il couleroit moins rapidement par celle qui répondroit à la plus petite hauteur, & que la dépense, ou la quantité d'eau écoulee, dans le même temps, seroit moindre.

Je suppose que la colonne  $HF$ , (*Planche 2, Fig. 5*), soit réduite à la hauteur  $IF$ ; il est constant que les lames d'eau qui se présenteront à l'ouverture  $F$ , seront moins pressées qu'elles le seroient, si la colonne jouissoit de toute la hauteur  $HF$ , & conséquemment ces lames s'écouleront moins rapidement. Reste donc à connoître maintenant la différence qui doit se trouver, & dans la vitesse de l'écoulement,

& dans la quantité d'eau fournie , dans un temps donné. La proposition suivante va nous l'apprendre.

*Lorsque tout est égal d'ailleurs, & que la seule différence gît dans les hauteurs du liquide au - dessus des ouvertures par lesquelles il doit couler, les vitesses avec lesquelles il coule sont comme les racines quarrées des hauteurs. Je m'explique.*

La racine quarrée d'un nombre est un nombre qui , multiplié par lui-même , donne un produit égal au nombre dont il est la racine quarrée. Ainsi donc 1 est la racine quarrée de 1 ; parce que 1 multiplié par 1 , donne 1 pour produit. La racine quarrée de 4 est 2 , parce que 2 multiplié par 2 , donne 4

pour produit ; celle de 9 est 3 , parce que 3 multiplié par 3 donne 9 au produit, &c.

Cela posé , je suppose que la hauteur de la colonne  $IF$  , qui doit s'écouler par l'ouverture  $F$  , étant désignée par 1 , celle de la colonne  $HF$  , soit exprimée par 4 , ou qu'elle soit quadruple de la première en hauteur. Dans ce cas , l'expérience nous montre que la vitesse avec laquelle la colonne  $IF$  s'écoule , est à celle de la colonne  $HF$  , dans le rapport de 1 à 2 , ce que prouvent les quantités d'eau écoulées dans le même temps.

Cette expérience imaginée , & d'abord tentée par le fameux Père *Mersenne* , a été répétée nombre de

fois après lui , & toujours avec le même succès : toujours les quantités d'eau écoulées & comparées , se sont trouvées dans le rapport de 1 à 2 : or 1 & 2 sont les racines quarrées des nombre 1 & 4, qui représentent les hauteurs du liquide , au-dessus des ouvertures par lesquelles il s'écoule. Il est donc constant que les vitesses de l'écoulement, dans la supposition qu'il n'y a de différence que dans les hauteurs du liquide au - dessus des ouvertures , sont entre elles comme les racines quarrées de ces hauteurs.

La raison vient on ne peut mieux ici à l'appui de l'expérience. Quelle est en effet la puissance qui règle l'écoulement de l'eau par une ou-

verture pratiquée au fond du vase ? c'est, sans contredit, la pression qu'éprouve la lame inférieure du liquide, de la part de celles qui sont au-dessus d'elles. Or cette pression est en raison directe du nombre de ces lames, ou de la hauteur du liquide au-dessus de l'ouverture ; d'où je conclus que l'écoulement n'est que l'effet de la gravité, & conséquemment que cet effet ne peut être différent de celui qu'on observe dans les corps qui tombent librement de différentes hauteurs, & dont les vitesses sont comme les racines quadrées des hauteurs d'où ils tombent.

Si on se rappelle ce que nous avons démontré dans le premier volume, relativement aux loix de



la gravité, on se rappellera que les espaces parcourus librement, en vertu de cette force, croissent comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. & conséquemment que la somme des espaces parcourus, dans un certain nombre d'instans est comme le quarré de ces instans.

A la fin du second, en effet, il y a quatre espaces parcourus, 1 dans le premier, & 3 dans le second, dont la somme 4 est le quarré de 2; à la fin du troisième il y en a 9, savoir, 1 dans le premier instant, 3 dans le second, & 5 dans le troisième, dont la somme est 9, quarré de 3, &c. Il est donc démontré que les espaces parcourus, ou les hauteurs dont les corps sont tombés

librement, sont comme les quarrés des temps qu'ils ont employés à tomber de ces hauteurs.

De là je conclus que les temps qu'ils emploient à tomber sont comme les racines quarrées des nombres qui expriment les hauteurs d'où ils tombent ; mais les vîteses qu'ils acquièrent en tombant , sont elles-mêmes comme les instans de la chute , pendant lesquels elles s'acquièrent. Ces vîteses sont donc aussi comme les racines quarrées des hauteurs ; ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Il sera donc toujours facile de déterminer la quantité de liquide qui s'écoulera , dans un temps donné , par une ouverture quelconque faite à un vase rempli de ce liquide. Pour

cela, il ne s'agira que de connoître celle du même liquide qui se fera écoulée dans le même temps par une semblable ouverture, faite au même vase, à une hauteur connue.

Supposons maintenant deux vases égaux, remplis du même liquide, mais percés de deux ouvertures de différens diamètres : je demande selon quelle proportion ils s'écouleront ?

Soient les deux vases A & B, (*Planche 2, Fig. 7*) parfaitement égaux, remplis d'eau jusqu'à la même hauteur au-dessus du fond ; mais dont les ouvertures C & D, soient dans le rapport de 2 à 1 ; l'ouverture C d'un pouce de diamètre, par exemple, & l'ouverture D de six lignes seulement. Dans cette supposition, les

temps pendant lesquels ces deux vases s'écouleront, seront en raison réciproque des diamètres de ces ouvertures.

Et d'abord le liquide qui s'écoule, s'écoule d'un mouvement uniformément retardé ; puisque sa hauteur au-dessus du fond, & conséquemment la pression qu'il exerce sur lui-même, diminue à proportion qu'il s'évacue.

Cela posé, je suppose que chacun de ces vases soit divisé de haut en bas en plusieurs lames semblables, toutes d'une épaisseur extrêmement petite, & toutes parallèles à l'horizon. Comme la hauteur du liquide est la même dans les deux vases, le nombre des lames à parcourir sera égal de part & d'autre, & elles  
seront

seront toutes parcourues d'un mouvement uniformément retardé par l'eau qui s'écoulera; mais plus l'ouverture, faite au fond du vaisseau, sera grande, moins le liquide emploiera de temps à parcourir chacune de ces lames. Par conséquent, le temps employé à parcourir la lame  $ArsT$ , dans le premier vase, sera à celui qui sera employé à parcourir la lame semblable & correspondante  $BxyV$ , dans le second, comme le diamètre de l'ouverture  $D$ , est au diamètre de l'ouverture  $C$ , & comme il en sera de même des autres lames consécutives, ces deux vases se videront dans des temps réciproques aux diamètres de leurs ouvertures, le vase

A une fois plus promptement que le vase B.

Je n'insisterai pas davantage sur cette première partie de l'hydraulique, & cela, pour la raison que j'en ai donnée ci-dessus. Je passe donc à la seconde.

## §. I I.

### *Des jets d'eau.*

Un corps qui tombe librement d'une hauteur donnée, acquiert, pendant sa chute, une quantité de mouvement suffisante pour remonter, en sens contraire, jusqu'à la hauteur dont il est descendu : c'est une loi constante de la nature, & cette loi

est pleinement confirmée par les oscillations du pendule.

Attachez un solide, supposons une balle de plomb, à l'extrémité d'un fil de métal très-délié, que vous suspendrez par son autre extrémité à un point fixe autour duquel il pourra se mouvoir librement, & vous aurez un pendule dont la balle formera ce qu'on appelle la lentille. Ce pendule se tiendra naturellement en repos dans une situation perpendiculaire à l'horizon.

Saisissez la balle de plomb d'une main, & tirez-là de son repos, en l'élevant à droite ou à gauche par un arc d'une certaine amplitude, supposons de douze degrés. Abandonnez-la ensuite à elle-même, & vous la

verrez descendre par le même arc par lequel vous l'aurez élevée, & après l'avoir parcouru, elle remontera en sens contraire par un arc égal au premier.

Ne vous attendez cependant pas à la voir parvenir jusqu'à l'extrémité de ce second arc; parce que le frottement que le fil de métal éprouve à son point de suspension, joint à la résistance que l'air lui oppose, ainsi qu'à la balle qu'il porte, fait perdre à ce pendule une portion de la force avec laquelle il tend à remonter en sens contraire.

Supprimez ces deux obstacles, & il s'élèvera jusqu'à l'extrémité d'un arc de douze degrés: or, ce qui s'en manque dans le fait, est un déchet



assez petit, pour qu'on comprenne facilement qu'il ne peut être attribué qu'à ces deux causes, & conséquemment que le pendule acquiert par sa chute, une quantité de mouvement suffisante pour remonter en sens contraire à la hauteur dont il est descendu.

Il en est de même de l'eau, ou de tout autre liquide qui se précipite de haut en bas, selon la longueur d'un tube qu'il parcourt : elle acquiert, dans sa chute, une force suffisante pour s'élever, en sens contraire, jusqu'à la hauteur du réservoir d'où elle vient.

L'expérience le prouve, & il ne faut pour s'en assurer que préparer le tube de manière à ce que, parvenue

à son extrémité inférieure , l'eau soit dirigée de bas en haut ; & cela arrivera si cette extrémité est recourbée en ce sens. Alors vous la verrez jaillir & s'élever à travers la masse d'air qu'elle divisera.

Cependant il s'en faudra d'une quantité notable qu'elle ne s'élève jusqu'à la hauteur de son réservoir ; mais il y a de bonnes raisons pour cela , & ces raisons les voici : 1<sup>o</sup>. en vertu de la force attractive qui la maîtrise , l'eau adhère avec une force donnée aux parois du tube qu'elle touche ; 2<sup>o</sup>. elle y éprouve un frottement plus ou moins considérable.

Pour obvier en partie à ces deux inconvéniens , qu'on ne peut absolument éviter , on a soin de diminuer

le diamètre de l'ouverture par laquelle elle doit jaillir , & cette ouverture diminuée s'appelle *la lumière*. On donne le nom de *jet* à l'eau qui s'en échappe.

Cette disposition connue , on conçoit qu'elle n'est point obligée de descendre aussi précipitamment pour jaillir , & conséquemment qu'elle éprouve un frottement moins considérable le long des parois du tube. Son mouvement en est donc proportionnellement moins retardé , & conséquemment elle conserve une plus grande quantité de la force qui la fait jaillir , & elle s'élève à une plus grande hauteur.

Malgré cela cependant elle ne peut parvenir jusqu'au niveau du

réervoir , parce que le frottement qu'elle éprouve encore non - seulement dans toute la longueur du tube , mais aussi à l'ouverture de la lumière qu'elle franchit , y met obstacle. A la vérité les parties de la liqueur qui forment le milieu du jet , ne sont point exposées à ce frottement ; mais comme elles adhèrent elles-mêmes aux parties latérales , elles participent à celui que ces dernières éprouvent , & toutes conséquemment sont retardées.

Ici se joint un autre obstacle , & cet obstacle n'est point le moindre. Elevée à la hauteur à laquelle elle peut atteindre , l'eau retombe par sa propre pesanteur. Si le jet est perpendiculaire , elle retombe sur elle-

même & s'oppose à l'élévation de celle qui la suit.

Outre cela, la résistance que l'air lui oppose nuit encore considérablement à son élévation. Or, cette résistance étant proportionnée au quarré de la vitesse avec laquelle elle se meut, comme nous l'avons observé précédemment, en parlant de la résistance des milieux, on conçoit que si elle descend d'une très-grande hauteur, elle acquiert une très-grande vitesse, & conséquemment elle éprouve une très-grande résistance de la part de l'air qu'elle est obligée de traverser pour s'élever.

Quelquefois cette résistance est si considérable que le jet, parvenu à une certaine hauteur, se divise en

une multitude de petits jets , qui se subdivisent eux-mêmes , & dont les molécules s'éparpillent , si je puis me servir de ce terme , & produisent comme une espèce de petit nuage , qui tombe sous la forme d'une pluie fine , dans les environs de l'endroit d'où le jet s'élance.

Concluons donc de tout ce que nous venons de dire , qu'il y a des précautions à prendre , des règles à observer , pour qu'un jet d'eau s'élève à la hauteur à laquelle il peut parvenir.

J'abandonne aux mécaniciens qui s'occupent de l'hydraulique , l'étude de toutes ces choses , dont le développement fatiguerait inutilement l'attention du lecteur , & je me borne

à quelques observations générales qui méritent de trouver ici leur place.

1°. Pour empêcher que l'eau qui retombe ne surcharge le jet, & ne l'empêche d'atteindre à la hauteur à laquelle il peut s'élever, on a soin d'incliner la lumière; le jet devient alors oblique, & l'eau ne retombe point sur elle-même. On conçoit, sans qu'il soit besoin de le dire, qu'il ne faut point abuser de ce moyen; une trop grande obliquité du jet seroit un défaut qui choqueroit la vue.

2°. Pour que l'eau éprouve moins de résistance à parvenir à la lumière, au lieu de fléchir à angles droits l'extrémité du tuyau de conduite, qui doit être recourbé de bas en haut, on lui fait suivre une courbe un peu

allongée, qui l'a mène insensiblement à son point. Ainsi, au lieu de lui donner la forme  $ABCD$  (*Plan. 2. fig. 8.*), on lui fait prendre l'inflexion  $ABC$  (*Plan. 2. fig. 9.*)

3°. Il faut avoir soin sur-tout de proportionner la grosseur des tuyaux de conduite au diamètre de la lumière par laquelle l'eau doit jaillir. Plus ces canaux ont de grosseur, par rapport à l'ouverture de la lumière, plus le jet s'élève. Cette grosseur cependant doit avoir une certaine proportion avec la distance du réservoir, & cette proportion est renfermée dans des bornes qu'on excéderoit dispendieusement, sans procurer plus d'avantage au jet.

Quoiqu'il n'entre nullement dans  
notre



notre plan de descendre dans ces fortes de détails , nous sommes persuadés que le lecteur nous saura gré de lui donner un apperçu plus clair d'un objet aussi intéressant , & nous lui présentons , avec confiance , la table ci-jointe , qu'on regarde comme la plus exacte qu'on connoisse. Elle a été dressée par un célèbre Physicien , pour un jet d'eau dont le réservoir seroit à cent pieds de distance du bassin , & ce savant s'étoit fort occupé de cet objet , sur lequel il avoit fait un très-grand nombre d'expériences..

## T A B L E.

*Hauteurs du Diamètres des Diamètres de  
réservoir. canaux. la lumière.*

|              |                               |                                                 |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| 5. . . . .   | 1 $\frac{1}{4}$ de pou.       | dep. $\frac{1}{4}$ jusqu. $\frac{1}{4}$ de pou. |
| 10. . . . .  | 2. . . . .                    | $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ . . . . .         |
| 15. . . . .  | 2 $\frac{1}{4}$ . . . . .     | $\frac{1}{2}$ . . . . .                         |
| 20. . . . .  | 2 $\frac{1}{2}$ . . . . .     | $\frac{1}{2}$ . . . . .                         |
| 25. . . . .  | 2 $\frac{3}{4}$ . . . . .     | $\frac{1}{2}$ . . . . .                         |
| 30. . . . .  | 3 à 3 $\frac{1}{2}$ . . . . . | $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ . . . . .         |
| 40. . . . .  | 4 $\frac{1}{2}$ . . . . .     | $\frac{3}{4}$ . . . . .                         |
| 50. . . . .  | 5. . . . .                    | $\frac{3}{4}$ . . . . .                         |
| 60. . . . .  | 5 $\frac{1}{4}$ . . . . .     | 1 pouc. . . . .                                 |
| 80. . . . .  | 6 $\frac{1}{2}$ . . . . .     | 1 $\frac{1}{4}$ . . . . .                       |
| 100. . . . . | 7 à 8. . . . .                | 1 $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ . . . . .      |

---

Nous ajouterons encore que la forme de la lumière n'est rien moins qu'indifférente. Gardez-vous sur-tout de lui en donner une conique, telle que celle de ces ajustages qu'on pratique aux extrémités des tubes de verre qu'on fait fondre, & qu'on tire à la lampe de l'émailleur.

L'eau éprouve à leur lumière un frottement énorme, à raison de la quantité de petits filets qui se présentent obliquement pour sortir en même temps, & qui, repoussés par la voûte conique, nuisent au principal filet qui se présente directement à la lumière.

Une plaque de métal mince, percée & appliquée sur l'ouverture du tuyau de conduite, est ce qui convient ici ;

mais il faut que l'épaisseur de cette plaque soit proportionnée à la hauteur du jet qui doit la traverser.

On lui donne communément un vingtième de pouce, pour un jet de 20 pieds ; un dixième , pour un jet de 20 à 30 pieds d'élévation ; un cinquième , pour un jet de 30 à 50 pieds, &c. Plus de détails sur cette matière feroient d'une prolixité déplacée. Je passe donc à un autre objet.

### §. I I I.

*Des eaux qui coulent sur la surface  
du globe.*

La nature & les qualités des différentes espèces d'eaux qui circulent sur la surface , ou qui sont renfermées

dans l'intérieur de la terre , nous fourniront la matière d'un Chapitre particulier , que nous réservons pour la seconde partie de cet Ouvrage. Nous ne les considérerons ici que comme coulantes , & nous parlerons 1°. de l'origine des fleuves & des rivières ; 2°. des directions que les uns & les autres affectent dans leur cours ; 3°. des principaux phénomènes que la plupart nous font observer ; 4°. enfin, de la manière de juger de leur vitesse.

En général les fleuves & les rivières viennent de sources ; mais ces sources , ainsi que plusieurs rivières & la plupart des ruisseaux , doivent leur origine à un amas de vapeurs condensées vers le sommet de quelques montagnes , contre lesquelles elles sont

apportées. Plusieurs doivent la leur à des pluies abondantes , ou à d'énormes quantités de neiges qui se sont fondues ; mais ces pluies & ces neiges sont elles-mêmes le produit des vapeurs qui se sont élevées dans l'atmosphère ; de sorte qu'en dernière analyse , c'est la même source qui fournit à notre globe les eaux qui le recouvrent.

Mais comment prouver que les vapeurs qui s'élèvent continuellement du vaste bassin des mers , ainsi que des eaux stagnantes ou coulantes sur la surface du globe , soient assez abondantes pour fournir à une aussi grande dépense ? c'est un problème qui paroîtra peut-être insoluble au premier aspect ; mais il s'en faut de beaucoup qu'il le soit ; car il fut

réfolu , dans le dernier fiècle , & de la manière la plus fimple & la plus fatisfaiſante par le Docteur *Halley*. Si nous ne craignons de fatiguer le Lecteur par un calcul , dont les détails font immenſes, nous copierions avec plaifir celui que ce célèbre mathématicien a conſigné dans le numéro 192. des Tranſactions philoſophiques, & par lequel il démontre que les vapeurs qui s'élèvent au-deſſus de la mer , & que les vents transportent ſur la terre , font ſuffiſantes pour former toutes les rivières , & entretenir toutes les eaux qui ſont à la ſurface de la terre. Ceux qui ſeront curieux de ſuivre ce calcul ou de le vérifier , pourront conſulter l'ouvrage que je viens de citer.

Si l'on considère la position des grandes montagnes, généralement situées au milieu des continens , on verra que dans l'ancien , les plus grandes chaînes sont dirigées d'occident en orient , & réciproquement. Il en est de même des grands fleuves & des grandes rivières : leur cours suit assez la même direction, à quelques exceptions près.

Ne parlons que des plus connus : la Loire en France , la Charente , la Garonne , la Seine , &c. coulent d'orient en occident , & si le Rhône coule du nord au<sup>e</sup> midi , il ne suit cette direction que dans une partie de son cours ; depuis les montagnes , jusqu'à Lyon , il va d'orient en occident.



Le Rhin montre, en Allemagne, la même exception : la majeure partie de son cours se fait du midi au nord ; mais les autres fleuves , le Danube , la Drave , & toutes les grandes rivières vont d'orient en occident , se précipiter dans la mer noire.

En Espagne , nous ne voyons aucune exception à cette loi générale. Le Vigo , le Douro , le Tage , la Gouadiana coulent d'orient en occident ; l'Ebre , en sens contraire , d'occident en orient ; mais aucun fleuve , pas même une seule rivière remarquable ne coule du sud au nord , ou du nord au sud.

L'Euphrate , ce fleuve si célèbre jadis en Asie , ainsi que tous ceux qui arrosent le vaste royaume de la

Chine , & ceux qui coulent dans l'intérieur de l'Afrique , au-delà de la Barbarie , tous coulent d'occident en orient.

Dans le nouveau continent , c'est encore la même chose : les principaux fleuves de l'Amérique suivent le même cours ; à la vérité les montagnes y sont dirigées du nord au sud ; mais cette position ne contrarie point notre proposition générale , si , comme le prétend *M. de Buffon* , ces montagnes ne sont qu'une suite de montagnes parallèles , disposées d'orient en occident.

Quant aux différens phénomènes que les fleuves nous font observer , il y en a de bien extraordinaires au premier aspect ; mais tous s'expliquent

assez facilement Quel immense détail que celui qui les embrasseroit tous ! il auroit de quoi fatiguer la patience du Lecteur. Nous nous bornerons donc aux principaux, à ceux seulement qui paroissent les plus singuliers.

Dans le Pérou & dans le Chili , on voit des fleuves qui coulent abondamment pendant le jour , & sont presque toujours taris pendant la nuit. Tout singulier qu'il soit , ce phénomène n'a rien qui doive nous surprendre. Dès en effet qu'on connoît le local , on comprend qu'il dépend de la fonte des neiges dont les montagnes de ces contrées sont couvertes. Cette fonte , qui s'opère , pendant le jour , fournit à l'écoule-

ment de ces fleuves. Vient-elle à cesser pendant la nuit, l'eau leur manque, & ils cessent de couler, ou ils ne coulent qu'en très-petite quantité.

Le Volga, qui traverse presque toute la Russie, nous offre un phénomène différent; mais ce phénomène est encore du même genre, il procède de la même cause, de la fonte des neiges. Il s'enfle tellement pendant les mois de mai & de Juin, temps auquel elles se fondent, qu'il couvre une vaste étendue de terrain, qui demeure à sec tout le reste de l'année, où la même cause ne subsiste plus.

Plusieurs autres, tels que le Nil, le Gange, l'Inde se débordent pendant l'hiver, à raison des pluies

abondantes qui tombent en cette saison , & pendant l'été ils débordent encore , par rapport aux neiges qui se fondent.

On voit certains fleuves disparaître tout à coup , & se perdre sous terre. Ensuite on les voit reparoître à des distances plus ou moins éloignées. C'est ainsi , selon l'opinion de plusieurs géographes , que le Niger tire sa source du Nil , par-dessous terre ; mais à peine est-il arrivé au pied des montagnes de Nubie , qu'il s'enfonce sous ces montagnes , disparaît , & & ne reparoît qu'au delà , vers l'occident. Le Tigre se perd de même sous le mont Taurus.

Communément les fleuves s'élargissent vers leurs embouchures , &

leurs sinuosités augmentent à mesure qu'ils approchent de la mer. Ce dernier phénomène est si constant, que les sauvages de l'Amérique jugent, par ces sinuosités, dit-on, de la distance à laquelle ils sont éloignés de la mer.

En voici encore deux autres également importants à connoître, & qui méritent plus particulièrement l'attention du physicien : ce sont les *remous* auxquels les fleuves sont assez fréquemment sujets, & les *cataractes* qu'on observe dans quelques-uns.

On distingue deux espèces de remous, à raison des causes qui les produisent. La première espèce est occasionnée par les marais qui, venant

en sens contraire du courant du fleuve, refoulent , pour ainsi dire , ses eaux sur elles-mêmes , & produisent un contre-courant plus ou moins sensible.

La seconde espèce est l'effet d'un obstacle qui se rencontre dans le lit du fleuve. Une île , par exemple , une avance de terre , &c. suffisent pour cela. Ce remous n'est point aussi sensible que le précédent , le contre-courant est moins fort , moins marqué ; on ne voit ici que ce que les gens de rivière appellent *une morte* , ou *des eaux mortes* , qui ne coulent point comme le reste de la rivière. Elles tournent sur elles-mêmes , & ce tournoiement est très-dangereux pour les bateaux. On a

beaucoup de peine à les en retirer , dès qu'ils y sont une fois engagés. On voit de ces sortes de tournoiemens au passage d'un pont sur une rivière très-rapide. Celui qu'on observe au Pont Saint-Esprit , est un des plus remarquables.

Des rochers , ou tout autre obstacle propre à arrêter le courant d'un fleuve , & à faire que l'eau se précipite avec une impétuosité accompagnée d'un grand bruit , produisent ce qu'on appelle des *cataractes* , que les anciens nommoient des *catadupes*.

Il ne faut pour cela qu'une pente très-brusque , dans le lit d'un fleuve , comme l'observe très-bien M. de Buffon. Le Rhin nous en fournit deux exemples , l'un à Bilefeld , l'autre



auprès de Schafhouse. On en voit plusieurs dans le Nil , occasionnées par des rochers , deux entre autres beaucoup plus fortes , en deux endroits , où l'eau se précipite de fort haut , entre deux montagnes.

La plus fameuse que nous connoissons , c'est celle de la rivière de Niagara , dans le Canada. L'eau tombe de cent cinquante-six pieds de hauteur perpendiculaire , comme un torrent impétueux , de plus d'un quart de lieue de largeur. Au - dessus de ce torrent , s'élève une espèce de brouillard qui se perd dans les nues , & se voit de cinq lieues de distance. Lorsque les rayons du soleil tombent dessus , ils forment un superbe arc-en-ciel.

Au - dessus de cette cataracte , se trouvent des tournoiemens d'eau si terribles , que la navigation devient très-dangereuse à près de cinq milles de distance.

Ici , *M. de Buffon* fait une observation très-juste , & qui s'accorde parfaitement avec l'opinion du savant *Varenius* , sur les lits des fleuves. Dans tous les pays , dit notre illustre naturaliste , qui ne sont point assez peuplés pour former des sociétés policées , les terrains sont plus irréguliers , & le lit des fleuves plus étendu , moins égal & rempli de cataractes. Il a fallu des siècles , continue-t-il , pour rendre le Rhône & la Loire navigables. C'est en contenant les eaux , en les dirigeant ,

en nettoyant le fond des fleuves,  
qu'on leur donne un cours assuré.

*Varenius* étoit donc bien fondé  
à croire, qu'à l'exception de ceux  
qui existoient, du temps de la créa-  
tion, les lits des autres fleuves ont  
été creusés de main d'homme.

Quand une nouvelle source, dit-il,  
sort de sous terre, elle inonde les  
terres adjacentes, & ceux auxquels  
ces inondations nuisent, s'empressent  
d'y remédier en détournant les eaux,  
& leur creusant des lits pour les faire  
écouler.

De là, ajoute-t-il, on conçoit pour-  
quoi l'on trouve tant de sources dont  
les eaux sont salées, tandis que celles  
des fleuves ne le sont point. C'est  
qu'il en eût plus coûté à l'homme

pour creuser des lits aux eaux des sources salées , que pour en recueillir le sel , selon les procédés ordinaires : or , comme ces eaux n'ont jamais été assez abondantes pour dévaster les terres , il ne s'est point donné la peine de leur faire prendre un cours.

Quoi qu'il en soit , il se présente ici une question bien importante à traiter ; savoir , quelles sont les loix auxquelles les eaux sont assujetties dans leur cours. Beaucoup de physiciens se sont occupés de cette question ; mais je n'en connois aucun qui y ait répondu d'une manière aussi satisfaisante que le savant *Guglielmini* , dont nous analyserons la théorie , sans en rien retrancher d'essentiel à son intelligence.

Les eaux des fleuves , dit ce célèbre mathématicien , qui professoit , vers la fin du dernier siècle à Boulogne , & avec la même distinction , les mathématiques , l'hydrométrie & la médecine qu'il exerçoit avec un brillant succès ; les eaux des fleuves , dit-il , ont communément leurs sources dans les montagnes , ou autres lieux fort élevés , d'où elles descendent d'un mouvement accéléré ; mais à proportion qu'elles s'éloignent du lieu de leur origine , leur vitesse diminue , tant à raison des frottemens qu'elles éprouvent , que par rapport aux obstacles qu'elles rencontrent , & encore parce qu'elles arrivent dans des plaines , où elles

coulent sans pente, ou presque horizontalement.

Parvenues en ces lieux, & coulant dans une situation presque parallèle à l'horizon, elles n'ont, pour ainsi dire, que leur propre poids pour entretenir leur écoulement. Or, ce poids étant proportionné à la profondeur, je veux dire, à la hauteur de l'eau au-dessus du fond sur lequel elle coule, on conçoit qu'elle doit couler lentement. Cependant cette hauteur augmente à mesure que la vitesse de l'eau se ralentit, parce qu'elle s'accumule à proportion qu'elle coule moins vite; de là l'écoulement doit acquérir plus d'activité; mais ce sont des accidens auxquels nous ne voulons point nous arrêter.

Supposons donc qu'il reste une légère pente au terrain sur lequel elle coule. Dans cette supposition, qui est la plus ordinaire, les couches supérieures, ou la surface de l'eau éloignée du fond, continue à couler, parce que la plus petite différence dans son niveau suffit pour qu'elle s'épanche. Il n'en est pas ainsi des couches inférieures, de celles qui avoisinent le fond; les inégalités qu'elles y rencontrent leur font éprouver des frottemens, & elles ne peuvent être mues que par la pression des couches supérieures. Entraînées par cette pression, elles entraînent à leur tour celles-ci, à raison de l'adhérence qu'elles ont entre elles.

Aussi observe-t-on assez commu-

nément que la plus grande vitesse d'une rivière ou d'un fleuve , se trouve vers le milieu de la profondeur de son lit ; parce que les couches en cet endroit sont accélérées par la pression de la moitié de la hauteur de l'eau , & ne sont point retardées par les inégalités du fond.

Veut-on connoître si l'eau d'une rivière , qui n'a presque point de pente , coule à raison de la déclivité du terrain , ou de la pression de ses propres parties ? Le moyen est on ne peut plus simple : le voici. Opposez au courant un obstacle qui lui soit perpendiculaire. Si l'eau s'élève à l'approche de cet obstacle , son cours vient de la pente du terrain : si , au contraire , elle s'arrête sans s'élever ,



s'élever, il vient de sa propre pression.

En admettant l'opinion de *Vanerius*, qui prétend , comme nous l'avons observé ci-dessus , que les lits des rivières & de la plupart des fleuves sont des ouvrages de main d'homme, il n'en est pas moins constant , qu'à force de couler dans ces lits , les eaux les creusent encore. Elles arrachent, pour ainsi dire, & en proportion de la vitesse avec laquelle elles coulent , elles arrachent les parties élevées au - dessus du fond , elles les transportent & les déposent dans les cavités qu'elles rencontrent ; de sorte , qu'insensiblement elles aplanissent le terrain sur lequel elles coulent.

Outre cela, elles rongent les bords,

& elles les rongent d'autant plus , qu'elles les frappent plus perpendiculairement. De là l'avantage de planter des arbres sur le bord des rivières : leurs racines, qui s'étendent & s'entrelacent, s'opposent à cette dégradation. Elle a toujours lieu néanmoins , & les bords toujours rongés prennent une situation parallèle au courant : en même temps le lit de la rivière s'élargit. Or , à proportion qu'il s'élargit, la profondeur de l'eau diminue, & conséquemment sa pression; de sorte qu'après un certain laps de temps , la force de l'eau se trouve en équilibre avec la résistance que le terrain lui oppose, & il ne survient plus de changement dans la direction des bords.

Le contraire arrive lorsque les eaux des rivières ou des fleuves sont épaissies , bourbeuses , limoneuses. Dans ce cas , au lieu de creuser le terrain sur lequel elles coulent , & d'en ronger les bords , elles déposent sur le fond les matières étrangères qu'elles charient , & une partie de ces matières jetées loin du fil de l'eau , entre les bords & le courant , s'y accumule & forme à la longue un nouveau rivage.

Souvent ces effets , & les précédens se combinent ensemble & produisent des variétés qu'on ne peut trop bien observer , sur-tout lorsqu'il s'agit de détourner le cours d'une rivière , & d'éviter des inondations

qui surviennent alors & qu'on est fort éloigné de suspecter.

Quelquefois un petit fleuve se jète dans un grand. Qui ne croirait que la largeur, ou au moins la profondeur de celui-ci ne dût en être plus ou moins sensiblement augmentée, par la quantité d'eau qui y afflue? point du tout, cette addition ne produit d'autre effet que de mettre en mouvement, ou d'augmenter la vitesse des parties qui y étoient en repos, ou qui se mouvoient très-lentement vers ses bords.

Dans ce cas, la vitesse du courant augmente elle-même à raison de la surabondance d'eau qui y aborde, & la largeur, ainsi que la profondeur

du fleuve restent dans le même état où elles étoient auparavant.

On remarque ce phénomène à Venise, où le bras du Pô, qui y passe, bien qu'augmenté des eaux qu'il reçoit du Ferare & du Panaro, ne souffre aucun accroissement sensible dans aucune de ses dimensions.

Le seul changement qui puisse arriver à un fleuve par la jonction d'un autre fleuve, qui s'y jette perpendiculairement, ou sous une direction opposée à son courant, c'est d'être insensiblement détourné de son premier lit, & d'être forcé de couler dans un nouveau plus favorable au cours de la réunion des eaux.

Cette réunion augmente nécessairement la rapidité du courant ; puis-

que le frottement diminue par la diminution des surfaces frottantes , & qu'alors ces surfaces diminuent de moitié , ou environ. Au lieu en effet de quatre rivages entre lesquels les deux fleuves couloient avant leur réunion , ils ne coulent plus qu'entre deux rivages , dès qu'ils sont réunis.

Ajoutez que la quantité d'eau se trouvant augmentée dans un même lit , la pression doit être proportionnellement plus grande , & conséquemment la vitesse.

De là , plus d'action sur le fond du terrain qui se creuse quelquefois , même assez profondément pour que ses bords se rapprochent. De là , un autre avantage encore en faveur des terrains bas , avantage qu'on ne peut trop

priser ; ce sont les parties fangeuses, bourbeuses qui se déposant sur eux, y élèvent des espèces de digues qui s'opposent aux débordemens & aux inondations qui pourroient avoir lieu sans cela.

*Guglielmini* le prisoit si fort cet avantage , qu'il étoit persuadé que la nature bienfaisante n'avoit d'autre dessein que d'atteindre à ce but , en rendant si fréquentes les jonctions des rivières sur la surface de la terre.

Ajoutez encore que l'homme y gagne une certaine étendue de terrain ; puisqu'après leur réunion la masse des eaux en occupe un plus petit.

Après avoir parlé des causes qui

se réunissent & concourent à accélérer le cours des eaux, il est naturel d'indiquer un moyen de mesurer la vitesse de leur écoulement : il présente plusieurs ; le difficile est d'en trouver un qui soit facile à mettre à exécution.

Et d'abord ce ne sera point celui que nous propose le savant auteur, dont nous venons d'analyser la théorie ; il est trop compliqué ; ce ne sera pas non plus celui que *Pitot* nous enseigne dans les Mémoires aussi de l'académie des sciences de Paris ; il est beaucoup plus simple, nous en convenons ; mais il s'en faut aussi de beaucoup qu'il soit exact. En voici un qui réunit la plus grande simplicité à l'exactitude qu'on doit désirer.



Prenez un corps dont la pesanteur spécifique soit un peu moindre que celle de l'eau , pour qu'il s'y enfonce presque entièrement , & qu'il ne surnage qu'autant qu'il est nécessaire pour , qu'entraîné par l'eau , on ne le perde point de vue. Une boule de cire , de quelques pouces de diamètre est ce qui convient ici. Jetez-la dans l'eau courante ; bientôt elle y prendra la vitesse du fluide qui l'entraînera , & par sa vitesse , que vous apprécierez facilement , en mesurant le chemin qu'elle fait dans un temps donné , vous jugerez de celle de l'eau.

Plus de détails sur cette matière deviendroient superflus. Nous terminerons donc ici la première partie de

notre physique , dans laquelle nous avons exposé & développé , le plus clairement qu'il nous a été possible , les principes dont nous ferons usage dans la seconde , la plus agréable partie de la Physique , & par son objet , qui nous touche souvent de plus près , & par cette multitude de phénomènes admirables qu'elle offre à notre curiosité , dont la plupart intéressent nos besoins ou nos plaisirs.

*Fin du Tome second , & de la  
Physique Générale.*

# T A B L E

## D E S   M A T I E R E S.

CHAPITRE HUITIÈME. Des causes  
qui changent la direction du Mou-  
vement , pag. 1

CHAPITRE NEUVIÈME. De la mécha-  
nique des solides ou des forces  
mouvantes , 19

Première Section. Du Levier, 27

Seconde Section. Du Plan incliné,  
78

APPENDICE. Des Machines com-  
posées , 105

CHAPITRE DIXIÈME. *De la Méchanique des Liquides*, 114

Première Section. *De l'Hydrostatique*, 115

§. I. *De l'action des liquides en toutes sortes de sens*, 117

§. II. *De la pression des liquides sur le fond de leurs vases*, 135

§. III. *De l'Equilibre des liqueurs homogènes ou de même densité*, 151

APPENDICE. *Des Vaisseaux Capillaires*, 165

§. IV.

DES MATIÈRES. 325

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| §. IV. <i>De l'équilibre des liqueurs de différentes densités ,</i> | 221 |
|---------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <u>§. V. <i>De la pesanteur spécifique des solides &amp; des liquides ,</i></u> | <u>233</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Seconde Section. <i>De l'Hydraulique ,</i> | 262 |
|--------------------------------------------|-----|

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §. I. <i>Des liquides qui coulent par des ouvertures faites aux vases qui les contiennent ,</i> | 264 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <u>§. II. <i>Des jets d'eau ,</i></u> | <u>278</u> |
|---------------------------------------|------------|

|                |            |
|----------------|------------|
| <u>TABLE ,</u> | <u>290</u> |
|----------------|------------|

§. III. Des eaux qui coulent sur la  
surface du globe , 292

Fin de la Table.

## ERRATA.

Page 109 , ligne 1 , *qui équilibreroit* , effacez *qui*.

Page 192 , ligne 1 & 2 , *& dans un autre* , lisez *ou par un autre*.

Page 211 , ligne 11 , *elle être chose* ; lisez *être autre chose*.





